

J. Dijk  
M.W. Hoogeveen  
T. de Haan

Onderzoekverslag 132

## EU-LANDBOUWBELEID EN MILIEUBELASTING IN GRAAN- EN GRASTEELT

September 1995



SIGN: L28-132  
EX. NO. A  
MLV: 1995430507

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO)  
Afdeling Landbouw

916350

## REFERAAT

### EU-LANDBOUWBELEID EN MILIEUBELASTING IN GRAAN- EN GRASTEELT

Dijk, J., M.W. Hoogeveen en T. de Haan

Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO), 1995

Onderzoekverslag 132

ISBN 90-5242-303-2

168 p., tab., fig.

Hoewel het EU-landbouwbeleid niet primair gericht is op het beïnvloeden van de milieubelasting vanuit de landbouw, gaat er wel degelijk een effect van uit.

In dit onderzoekverslag wordt nagegaan wat de effecten zijn van een verlaging van de graanprijs en van de melkquotum, op de inzet van stikstof en pesticiden in de graanteelt, op de inzet van stikstof, krachtvoer en ruwvoer in de melkveehouderij, en op het bijbehorende produktieniveau en de milieubelasting. De technische verbanden tussen produktie en inputs zijn geschat op basis van gegevens uit het LEI-Boekhoudnet. Via een optimaliseringsbenadering zijn - gegeven produktiemogelijkheden en prijsverhoudingen - de effecten van het landbouwbeleid op de bedrijfsvoering ingeschat. Geconcludeerd wordt dat de voorgenomen graanprijsverlaging slechts een geringe invloed zal hebben op de graanopbrengst. Het effect op de inzet van milieubelastende inputs zal iets groter zijn. Bovendien zullen milieumaatregelen effectiever zijn bij lage graanprijzen. In de melkveehouderij zal een lagere krachtvoerprijs leiden tot een substitutie tussen stikstof en voer, met als gevolg iets lagere stikstofoverschotten op bedrijfsniveau. Ook hier geldt dat een heffing op stikstof effectiever is indien de krachtvoerprijzen laag zijn.

Landbouwbeleid/Milieubeleid/Graanteelt/Grasteelt/Stikstof/Pesticiden/Prijsverhoudingen/Extensivering/Milieubelasting/Inputs/Produktiefunctie

## CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Dijk, J.

EU-landbouwbeleid en milieubelasting in graan- en grasteelt / J. Dijk, M.W. Hoogeveen, T. de Haan. - Den Haag :

Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO). - Fig.,

tab. - (Onderzoekverslag / Landbouw-Economisch Instituut

(LEI-DLO) ; 132)

ISBN 90-5242-303-2

NUGI 835

Trefw.: landbouwbeleid ; Europese Unie / milieubeleid ;

Europese Unie.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

# INHOUD

	Blz.
WOORD VOORAF	7
SAMENVATTING	9
1. INLEIDING	13
1.1 Inleiding	13
1.2 Doelstelling onderzoek	14
1.3 Afbakening	14
1.4 Aanpak onderzoek en indeling rapport	16
2. ECONOMISCHE ANALYSE VAN HET PRODUCENTENGEDRAG	18
2.1 Inleiding	18
2.2 Algemeen overzicht modellen	18
2.3 Twee benaderingen voor het producentengedrag	19
2.4 Risico	22
2.5 Overzicht recente studies	24
2.5.1 Inleiding	24
2.5.2 Verband tussen de input en de prijs van stikstof	24
2.5.3 Verband tussen de input en de prijs van pesticiden	26
2.5.4 Conclusie eigen prijselasticiteiten inputs	27
2.5.5 Verband tussen outputniveau en outputprijs	28
2.5.6 Kruiselingse elasticiteiten	28
2.5.7 Conclusies	29
2.6 Keuze methodiek	29
2.7 Produktiefuncties	31
2.7.1 Inleiding	31
2.7.2 Agronomische en economische benadering	31
2.7.3 Functionele verbanden	32
2.8 Produktiefuncties en technische vooruitgang	36
2.9 Conclusies	41
3. DE EFFECTEN VAN GEWIJZIGDE PRIJSVERHOUDINGEN OP DE GRAANTEELT IN NEDERLAND	42
3.1 Inleiding	42
3.2 Literatuuronderzoek	42
3.2.1 Een historisch overzicht van het graanonderzoek in Nederland	42
3.2.2 Technische input/output-relaties	43
3.2.3 Economische analyse	50
3.2.4 Conclusies	52
3.3 Analyse LEI-Boekhoudnet	53

	Blz.
3.3.1 Inleiding	53
3.3.2 De graanteelt in Nederland	54
3.3.3 Materiaal	57
3.3.4 Methode	57
3.3.5 Begrenzing	60
3.3.6 Resultaten	60
3.3.6.1 Inleiding	60
3.3.6.2 Data	60
3.3.6.3 Enkelvoudige produktiefunctie	63
3.3.6.4 Meervoudige produktiefunctie	65
3.3.6.5 Pesticiden: guldens of kilogrammen werkzame stof	68
3.3.6.6 Veranderende prijsverhoudingen	69
3.3.6.7 Resultaten Noordelijk kleigebied	71
3.4 De geïntegreerde akkerbouw	72
3.4.1 Inleiding	72
3.4.2 Doelstelling en omvang	73
3.4.3 Verschillen geïntegreerde en gangbare wintertarwe- teelt	74
3.4.3.1 Inleiding	74
3.4.3.2 Proefbedrijven	74
3.4.3.3 Innovatiebedrijven	77
3.4.4 De invloed van prijsverhoudingen	78
3.5 Milieu-effecten	80
3.6 Conclusies	82
3.7 Discussie	82
 4. DE EFFECTEN VAN INPUTPRIJZEN EN DE HOOGTE VAN HET MELKQUOTUM OP DE INTENSITEIT VAN HET GRASLANDGEBRUIK	 85
4.1 Inleiding	85
4.2 Materiaal en methode	87
4.2.1 Inleiding	87
4.2.2 Materiaal	88
4.2.3 De relatie tussen de stikstofgift en de graslandop- brengst	88
4.2.3.1 Literatuuronderzoek	89
4.2.3.2 Schattingen op basis van het LEI- Boekhoudnet	93
4.2.4 Berekening van de optimale combinatie van inputs	97
4.2.4.1 Theorie	97
4.2.4.2 De gehanteerde optimaliseringstechniek	99
4.2.5 Uitgangspunten bij de berekening voor 2000	100

	Blz.
4.3 Resultaten	101
4.3.1 Vergelijking van modeluitkomsten met het basisjaar	101
4.3.2 Modeluitkomsten in 2000 bij diverse krachtvoerprijzen	104
4.3.3 Modeluitkomsten in 2000 bij diverse stikstofprijzen	105
4.3.4 Samenvatting van de resultaten in formules	107
4.3.5 Samenvatting van de resultaten in de vorm van prijselasticiteiten	109
4.4 Conclusies	110
4.4.1 Het effect van gewijzigde prijzen op het saldo en het mineralenoverschot	110
4.4.2 Het effect van gewijzigde prijzen op overige milieu- aspecten	113
4.5 Discussie	114
4.5.1 Motivatie en evaluatie van de gehanteerde methode	114
4.5.1.1 De gekozen benadering	114
4.5.1.2 De gekozen optimaliseringstechniek	116
4.5.1.3 De gekozen produktiefuncties	117
4.5.2 Motivatie en evaluatie van gekozen uitgangspunten	118
5. DE LANGJARIGE ONTWIKKELING VAN DE KILOGRAM- OPBRENGSTEN VAN GRAAN	120
5.1 De kilogramopbrengsten per hectare	120
5.2 De factoren achter de opbrengststijging	124
5.3 Het gebruik van inputs per hectare	126
5.4 Het verband tussen N-gift en opbrengst per hectare	127
5.5 Conclusies	128
6. DISCUSSIE	130
6.1 Inleiding	130
6.2 Graan	130
6.2.1 Geen bouwplanwijzigingen	130
6.2.2 Nadruk op wijzigingen in de inzet van variabele inputs	131
6.2.3 Milieu-effecten	132
6.2.4 De rol van graan in het bouwplan	133
6.2.5 Kwaliteit	133
6.2.6 Kwantificering variabele inputs	134
6.3 Gras	135
6.3.1 Verschillen tussen model en praktijk	135
6.3.2 Bedrijfsspecifieke produktiefuncties	135
6.3.3 Uitgangspunten situatie in 2000	136
6.3.4 Effecten op nationaal niveau	136
6.4 De toegepaste methodiek	137

	Blz.
7. CONCLUSIES	140
7.1 Inleiding	140
7.2 Graan (korte termijn)	140
7.3 Graan (lange termijn)	141
7.4 Gras (korte termijn)	142
7.5 Besluit	144
LITERATUUR	146
BIJLAGEN	155
1. Prijsindexcijfers 1980-1990	156
2. Econometrische benadering graanteelt	157
3. Optimaliseringsbenadering graanteelt Noordelijk kleigebied	159
4. Het schatten van de ruwvoerprijs	166
5. Jaarspecifieke relaties tussen N-gift en graslandopbrengst	168

## WOORD VOORAF

Het EU-landbouwbeleid is primair gericht op het beïnvloeden van de markten voor landbouwprodukten. Onder andere via prijs- en quota-instrumenten worden vraag, aanbod en prijsvorming sterk beïnvloed om daarmee achterliggende doelen als een redelijk inkomen voor agrariërs, een goede voedselvoorziening, en dergelijke te realiseren.

Geregeld is aanpassing van het beleid nodig om een goed marktevenwicht te realiseren en om het beleid betaalbaar te houden. Eén van de centrale elementen in de hervorming van het landbouwbeleid in 1992 was een verlaging van de graanprijs. De vraag die in dit rapport aan de orde komt is in hoeverre deze en andere landbouwpolitieke maatregelen die gericht zijn op produktievermindering, de milieubelasting vanuit de landbouw positief beïnvloeden.

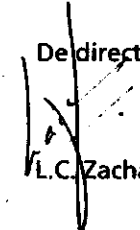
Het onderzoek is uitgevoerd in 1993 en 1994 in opdracht van het Ministerie van VROM en het Ministerie van LNV. Het onderzoek is begeleid door een commissie bestaande uit de volgende personen:

- Drs. S. Depla (VROM-DGM), voorzitter
- Drs. J.C. Blom (LEI-DLO)
- Ir. P. Berkhout (LNV-DIA)
- Drs. D. Eskes (VROM-DGM)
- Dr. ir. G. Meester (LNV-DIA)
- Dr. ir. H.G. van der Meer (AB-DLO)
- Ir. H. Rutten (LEI-DLO)

We willen hen hartelijk bedanken voor het kritisch meedenken in het onderzoek.

De eindredactie van het rapport was in handen van de projectleider drs. J. Dijk. Hoofdstuk 3 is geschreven door mw. ing. M.W. Hoogeveen, terwijl hoofdstuk 4 van de hand van ir. T. de Haan is.

Den Haag, september 1995

De directeur,  
  
L.C. Zachariasse

# SAMENVATTING

## *Doelstelling*

In het kader van de herziening van het EU-landbouwbeleid in 1992 is een forse daling van de graanprijs overeengekomen. Een belangrijk doel van deze en andere maatregelen is een vermindering van de totale graanproductie. Door verplichte braaklegging van een deel van het areaal wordt geprobeerd de graanproductie te verminderen, maar mogelijk kan de graanprijsdaling ook bijdragen aan een produktiedaling via een verminderde productie per hectare op het niet-braakgelegde areaal. Bij een lagere graanprijs zal de inzet van stikstof en pesticiden minder rendabel worden, waardoor het inputniveau en het bijbehorende produktieniveau zal vermindere(n).

De vraag die in dit rapport centraal staat is: welke invloed heeft het EU-landbouwbeleid op de milieubelasting? Meer specifiek: in hoeverre leidt een minder gunstige prijsverhouding tussen output en inputs tot een verminderd of veranderd gebruik van inputs, en wat betekent dat voor het produktieniveau per hectare en voor de milieubelasting? De vraag wordt toegespitst op de verlaging van de graanprijs. Wat heeft dit voor gevolgen voor het gebruik van stikstof en pesticiden bij de productie van graan, en wat heeft dit - via een verlaging van de krachtvoerprijs - voor gevolgen voor de inzet van stikstof, ruwvoer en krachtvoer in de melkveehouderij? Voor deze laatste sector wordt ook gekeken naar de invloed van kortingen van het melkquotum op de inzet van inputs en op de bijbehorende milieubelasting.

De term extensivering duidt in dit rapport op een verschuiving in de richting van een produktiewijze met een verminderd gebruik van variabele inputs.

Naast de (korte-termijn)effecten op produktieniveau en milieubelasting als gevolg van lagere marginale opbrengsten bij een verhoogde inzet van inputs, wordt ook gekeken naar het effect van minder gunstige prijsverhoudingen op het tempo van de stijging van de opbrengsten per hectare als gevolg van technische ontwikkelingen.

## *Methode*

Het onderzoek is uitgevoerd met gegevens op gewasniveau van bedrijven die deel uitmaken van het LEI-Boekhoudnet, een aselechte steekproef van landbouwbedrijven. Voor akkerbouwbedrijven in het Zuidwestelijk kleigebied en het Noordelijk kleigebied zijn produktiefuncties (input/output-relaties) geschat die het verband aangeven tussen aan de ene kant de



graanproductie per hectare en aan de andere kant de inzet van stikstof-kunstmest en pesticiden. Voor de melkveehouderij zijn bedrijfsspecifieke produktiefuncties geschat die het verband aangeven tussen de graslandproductie en de stikstofgift via dierlijke mest en kunstmest. De input van krachtvoer en ruwvoer is via een produktiefunctie gekoppeld aan de melkproductie per koe en het rundveeras.

Op basis van de geschatte produktiefuncties is nagegaan welk inputniveau van stikstof, pesticiden, ruwvoer en krachtvoer het hoogste saldo per hectare oplevert bij uiteenlopende prijzen van graan, krachtvoer, ruwvoer en stikstof, en bij een verdere reductie van het melkquotum.

### *Graanteelt*

Voor de graanproductie is voor de periode 1981-1990 een kwadratisch verband tussen de output en de inputs geschat. Voor het Zuidwestelijk kleigebied kon het afzonderlijke effect van stikstof en pesticiden significant worden geschat. Voor beide inputs was er sprake van afnemende meeropbrengsten. De interactie tussen de twee inputs kon empirisch niet worden vastgesteld.

De inzet van stikstof lag in de genoemde periode gemiddeld iets lager dan het met behulp van de produktiefunctie en de input- en outputprijzen berekende optimum. De inzet van pesticiden lag gemiddeld iets hoger dan het optimum. Voor het Noordelijk kleigebied was er voor stikstof wel sprake van afnemende meeropbrengsten, maar voor pesticiden kwam de schatting uit op een vrijwel lineair verband. Ook hier was weer sprake van een iets lagere inzet van stikstof dan het berekende optimum.

Een vermindering van de graanprijs van 39 naar 27 gulden per 100 kg leidt voor het Zuidwestelijk kleigebied tot een vermindering van de optimale stikstofinput van 11% en van 38% van de optimale pesticideninput. De graanproductie daalt als gevolg daarvan met slechts 6%. In het Noordelijk kleigebied daalt de optimale stikstofinput met 8% en de graanproductie met 2%.

Via heffingen op de inputs zijn soortgelijke dalingen te realiseren, echter met veel geringere gevolgen voor het inkomen van de ondernemer. Een heffing van 100% op stikstofkunstmest leidt in het Zuidwestelijk kleigebied tot een reductie van de optimale inzet van 22%, met als gevolg een 3% lagere produktie. Een aanzienlijke reductie van de graanproductie per hectare is nauwelijks te realiseren via een graanprijsverlaging. Pas bij een graanprijs die lager is dan 25 gulden per 100 kg loopt de inzet van inputs zodanig terug dat ook de produktie per hectare met meer dan enkele procenten verminderd. Bij een dergelijk prijsniveau valt echter nauwelijks nog economisch rendabel te produceren. Via heffingen op inputs kan gemakkelijker een aanzienlijke reductie in de produktie per hectare worden gerealiseerd zonder dat de economische basis onder de graanteelt wegvalt.

De conclusie is dat de graanprijsverlaging waarschijnlijk meer effect heeft op de inzet van inputs en de bijbehorende milieubelasting dan op het bijbehorende produktieniveau. Ook legt een lagere graanprijs de basis voor

een grotere effectiviteit van heffingen op inputs. Een lagere graanprijs zorgt er bovendien voor dat de economische nadelen van een omschakeling naar geïntegreerde bedrijfssystemen met relatief weinig variabele inputs, veel geringer worden. Op bedrijven waar de inkomenscompensatie voor de verlaagde graanprijs niet toereikend is, is de economische speelruimte voor het doorvoeren van milieumaatregelen echter beperkter geworden door het EU-landbouwbeleid.

### *Melkveehouderij*

In de melkveehouderij zijn bedrijfsspecifieke produktiefuncties geschat. Het optimale saldo per hectare dat op basis van deze produktiefuncties en de prijzen van stikstof, krachtvoer en ruwvoer berekend is, wijkt niet veel af van het saldo dat in de praktijk wordt gerealiseerd. Wel geldt dat er minder stikstof wordt ingezet en er meer krachtvoer wordt aangekocht dan volgens de berekeningen. Er is dus sprake van ruime substitutiemogelijkheden, waardoor maatregelen die effect hebben op de ene input, ook hun weerslag hebben op de andere inputs.

De effecten van lagere krachtvoerprijzen, hogere stikstofprijzen en een lager melkquotum zijn berekend voor de situatie in het jaar 2000. Daarbij is een bepaalde produktiviteitstoename verondersteld, evenals een sterke reductie van de ammoniakemissie via verschillende maatregelen, en fosfaatbestedingsnormen van 110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> op grasland en 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> op maisland.

Door deze maatregelen en ontwikkelingen daalt het N-overschot per hectare van ongeveer 450 kg N in 1988 tot ongeveer 350 kg N in 2000. Bij verlaging van de krachtvoerprijs van f 0,35 naar f 0,25 per kg vermindert het gemiddelde N-overschot per hectare op melkveebedrijven met 14 kg N. Dit is het resultaat van een hogere aankoop van krachtvoer en een lagere aankoop van ruwvoer en stikstof.

Een verdubbeling van de stikstofprijs leidt in 2000 tot een daling van het N-overschot met 50 kg N per hectare. Een quotumvermindering van 10 procent heeft een daling van het overschot met 25 kg N per hectare tot gevolg. Een lagere krachtvoerprijs heeft dus relatief weinig effect op het N-overschot. Een verlaging van de krachtvoerprijs versterkt echter wel het effect van andere maatregelen. Zo zal bij een verdubbeling van de stikstofprijs het N-overschot met 90 kg N dalen indien de krachtvoerprijs niet f 0,35 maar f 0,25 per kg is.

Het P-overschot per hectare daalt van 37 kg P in 1988 tot 10 kg P in 2000. Dit wordt vooral veroorzaakt door het verdwijnen van de P-bemesting uit kunstmest en een lagere aanvoer van ruw- en krachtvoer door produktiviteitsstijgingen bij een gelijkblijvend melkquotum. Er wordt 10 kg P per hectare van het bedrijf afgevoerd in de vorm van dierlijke mest, tegen 5 kg P per hectare in 1988.

Extra krachtvoer als gevolg van een lage krachtvoer- en een verdubbelde stikstofprijs, leidt tot een gemiddeld P-overschot van 12 kg per hectare. Een daling van het melkquotum met 10 procent leidt bij de gegeven

uitgangspunten tot een P-overschot van 7 kg P per hectare.

De conclusie is dat de krachtvoer- en de stikstofprijs een beperkte invloed op het P-overschot van melkveebedrijven hebben. Daarbij moet worden aangetekend dat de verliezen bij de produktie van krachtvoer en ruwvoer op andere bedrijven buiten beschouwing zijn gelaten.

De onderlinge substitutie van krachtvoer, ruwvoer en kunstmest als gevolg van veranderende inputprijzen heeft geen grote invloed op het energieverbruik dat verbonden is met de produktie en het transport van kunstmest en krachtvoer. De methaanproduktie van melkvee zal wel verminderen indien de krachtvoer/ruwvoer-verhouding toeneemt als gevolg van lagere krachtvoer-prijzen.

### *Lange-termijnontwikkeling graanopbrengst*

Er zijn geen sterke aanwijzingen dat er op korte termijn een afzwakking van de groei van de kilogramopbrengsten per hectare graan is te verwachten *die het gevolg is van lagere graanprijzen*.

Tijdreeksen laten zien dat de produktie per hectare zich niet veel aantrekt van wisselende economische omstandigheden, maar dat de wijze waarop de produktiegroei zich voltrok, wel verschillende trajecten doormaakte. Het ziet ernaar uit dat waar lange tijd kunstmest en later ook chemische gewasbescherming de motor vormden achter produktiviteitsverhogingen, er nu een ombuiging plaatsvindt in de richting van biotechnologie, kennis, management en informatisering.

Te verwachten is dat een éénmalige lichte produktiedaling als gevolg van een verminderde inzet van stikstof en pesticiden - vanwege lagere graanprijzen - snel overschaduwd zal worden door de "trendmatige" groei in de opbrengst per hectare. Wellicht zal de groei in de produktie per hectare iets worden afgeremd door een strengere milieuwetgeving, en door het dichterbij komen van absolute produktieplafonds. Statistische informatie over de laatste decennia voor Nederland en voor de EU duidt niet op een afnemende produktiegroei, ook niet bij de dalende graanprijzen sinds het begin van de jaren tachtig.

### *Besluit*

De prijsverlaging voor graan blijkt een grotere invloed te hebben op de inzet van stikstof en pesticiden en daarmee op de milieubelasting dan op de produktie per hectare. Uiteraard is het mooi meegenomen dat het landbouwbeleid gunstige milieu-effecten teweege kan brengen, maar een verminderde inzet van inputs kan tegen veel geringere kosten gerealiseerd worden door heffingen of andere regulerende maatregelen met betrekking tot de milieu-belastende inputs. Positief effect van lagere graanprijzen is wel dat milieumaatregelen duidelijk meer resultaat opleveren omdat een verminderde inzet van inputs tot een geringere opbrengstderving leidt.

# 1. INLEIDING

## 1.1 Inleiding

In 1992 is een herziening van het EU-landbouwbeleid vastgesteld. Centrale elementen daarin zijn een prijsverlaging voor graan en een compensatie van het daarmee gepaard gaande inkomensverlies in de vorm van hectaretoeslagen, gekoppeld aan braakleggingsverplichtingen. De belangrijkste reden voor de koerswijziging in het gemeenschappelijke landbouwbeleid was de noodzaak om een halt toe te roepen aan de stijgende EU-landbouwuitgaven als gevolg van toenemende produktie-overschotten.

De verplichting om een aanzienlijk deel van het graanareaal braak te leggen, zal leiden tot een vermindering van de graanproduktie per bedrijf. Daarbij zal de produktie minder dalen dan het met graan beteelde areaal, onder andere doordat de minder vruchtbare gronden zullen worden braak gelegd. Daarnaast is het echter de vraag of een verlaging van de graanprijs zal leiden tot een minder intensief grondgebruik in de vorm van een lagere inzet van kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen per beteelde hectare, met daaraan gekoppeld een lagere graanproduktie per hectare. Deze laatste vraag is tevens van belang vanuit het oogpunt van milieu-politieke doelstellingen: in hoeverre leiden andere prijsverhoudingen via een verminderde inzet van inputs tot een lagere milieubelasting?

Binnen de landbouweconomie worden uiteenlopende conclusies getrokken over de invloed van prijsverhoudingen op de inzet van inputs in het produktieproces en op de daarbij behorende output en milieubelasting. Enerzijds is er de neoklassieke micro-economische theorie die concludeert dat dalende opbrengstprijzen via afnemende marginale geldopbrengsten leiden tot een verminderde inzet van inputs en daardoor tot een vermindering van de produktie. Anderen ontkennen dit niet, maar wijzen erop dat gegeven de aard van het produktieproces slechts van een geringe invloed van prijsverhoudingen op de inzet van inputs sprake kan zijn (De Hoogh, 1986). De invloed van prijsverlagingen zou wel eens tegengesteld kunnen zijn aan wat de micro-economische theorie daarover beweert, doordat agrarische ondernemers het inkomensverlies als gevolg van dalende prijzen zullen willen compenseren door een hogere produktie per hectare te realiseren via een versnelde introductie van nieuwe technische mogelijkheden. Daarentegen stellen anderen dat ongunstige prijsverhoudingen het tempo van de technische ontwikkeling op langere termijn juist zullen afremmen. Schmookler (1966) en Jorgenson & Grilliches (1972) benadrukken dit endogene karakter van de technische ontwikkeling. Hayami & Ruttan (1985) vragen aandacht voor de "induced innovation". Niet alleen het tempo van de technische ontwikkeling is endogeen, maar ook de aard van die ontwikke-

ling. De technische ontwikkeling zal zich richten op een vermindering van de inzet van dure produktiefactoren, ten gunste van goedkope produktiefactoren.

Naast verschillen in visies op hoe bedrijven (kunnen) reageren op zich wijzigende prijsverhoudingen, speelt dus de vraag hoe korte- en lange-termijneffecten zich verhouden. De Wit (1992) bijvoorbeeld, weerspreekt de neoklassieke benadering op zich niet, maar wijst erop dat een eventuele daling van de produktie per hectare op korte termijn - als gevolg van verlaging van outputprijzen of verhoging van inputprijzen - in het niet valt bij de stijging van de produktie per hectare als gevolg van technische vooruitgang.

## **1.2 Doelstelling onderzoek**

Het doel van dit onderzoek is het vergroten van het inzicht in de effecten van veranderingen in de prijsverhouding tussen outputs en inputs bij de produktie van granen en gras in Nederland. Bij granen gaat het om de effecten van een daling van de graanprijs, terwijl het bij de grasproduktie vooral gaat om de effecten van een verlaagde krachtvoerprijs als gevolg van een veranderde graanprijs. De effecten van de melkquotering op de inzet van inputs worden eveneens in beschouwing genomen. Aan de ene kant gaat het daarbij om de effecten op de produktie, anderzijds om de effecten op het milieu.

Het onderzoek richt zich daarbij zowel op de korte-termijneffecten van een verlaging van de marginale opbrengsten, als op de lange-termijneffecten die veranderende prijsverhoudingen kunnen hebben op de technische ontwikkeling.

Tevens zal het onderzoek inzicht verschaffen in de manier waarop via andere beleidsinstrumenten dan die welke nu worden geïntroduceerd, extensivering van de graan- en grasteelt in Nederland kan worden gestimuleerd, zoals bijvoorbeeld via heffingen op inputs en voorlichting.

De resultaten van het onderzoek hebben in eerste instantie betrekking op de Nederlandse situatie. Waar mogelijk wordt echter een link gelegd met de landbouw in de EU.

## **1.3 Afbakening**

Het onderzoek beperkt zich tot de produktie van granen en gras; beschermde gewassen als suikerbieten en oliehoudende zaden, en niet-beschermde gewassen als aardappelen en tuinbouwgewassen blijven buiten beschouwing. Het areaal granen en gras omvat in Nederland ongeveer 60% van het landbouwareaal. In de EU gaat het om 70%. Inclusief voedergewassen gaat het om respectievelijk 70 en 85%. De gewassen waar dit onderzoek zich toe beperkt beslaan dus een groot deel van de oppervlakte cultuurgrond.

*Tabel 1.1 Aandeel gewassen in bouwplan EU naar jaar (in procenten)*

Gewas	Jaar				
	1971	1975	1980 a)	1985	1990
Graan	24%	25%	25%	24%	23%
Suikerbieten	2%	2%	2%	2%	2%
Aardappelen	2%	1%	1%	1%	1%
Grasland	45%	44%	46%	45%	42%
Overige b)	28%	28%	28%	28%	32%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%
Totaal areaal EU-10 (ha)			102.304	100.869	95.710
Totaal areaal EU-9 (ha)	94.632	93.237	93.044		

a) EU-10; voor EU-9 wijken de percentages nauwelijks af (graan 26%, gras 45%); b) waarvan 6 à 7% blijvende teelten.

Bron: Landbouwcijfers, diverse jaren.

Tabel 1.1 en 1.2 laten zien dat het Europese bouwplan vrij stabiel is. Het valt niet te verwachten dat zich in de nabije toekomst grote wijzigingen in het bouwplan zullen voltrekken. Weliswaar zullen producenten bij een lagere graanprijs proberen uit te wijken naar andere gewassen, maar de mogelijkheden daartoe zijn vrij beperkt. Aan de ene kant zijn er vruchtwisselingseisen die de mogelijkheden inperken. Een strengere milieuwetgeving maakt de mogelijkheden voor een intensief bouwplan bovendien steeds kleiner. Aan de andere kant geldt dat indien de arealen van de niet-beschermde gewassen sterk zouden toenemen, de prijzen van deze gewassen sterk onder druk zullen komen te staan. De markten voor de verschillende alternatieve gewassen laten een meer dan marginale toename van het areaal van deze gewassen niet toe.

*Tabel 1.2 Areaal granen in de EU naar jaar (x 1.000 ha)*

Gewas	Jaar					
	EU-9			EU-10		
	1971	1975	1980	1980	1985	1990
Tarwe	10.836	11.245	11.621	12.500	12.955	13.494
Overige	11.406	11.977	12.276	12.650	10.873	8.657
Totaal	22.242	23.222	23.897	25.100	23.828	22.151

Bron: Landbouwcijfers, diverse jaren.

In Nederland heeft er in het verleden wel een vrij sterke vermindering van het areaal graan plaatsgevonden (zie tabel 3.3). In 1970 was er sprake van 360.000 ha graan, terwijl dat 25 jaar later nog ongeveer de helft is. Dat heeft echter tot een dermate intensief bouwplan geleid dat een verdere vermindering van het areaal graan niet erg waarschijnlijk is. In dit onderzoek worden mogelijke verschuivingen in het bouwplan buiten beschouwing gelaten. De vraag die centraal staat is: gegeven het feit dat op een stuk grond graan (gras) verbouwd wordt, hoe zal de input/output-verhouding variëren met de prijsverhoudingen? De term "extensivering" heeft in dit onderzoek de beperkte betekenis van: produktie van een specifiek gewas met een verminderde input van produktieverhogende inputs. Substitutie tussen graansoorten zal wel enige aandacht krijgen.

In het onderzoek komt de relatie tussen de fysieke opbrengst van een gewas en een beperkt aantal relevante produktiefactoren aan de orde; met name stikstofkunstmest, krachtvoer en gewasbeschermingsmiddelen. Er wordt niet gestreefd naar een complete beschrijving van het produktieproces waarin de invloed van alle relevante produktiefactoren wordt bepaald. Wel zal enige aandacht worden besteed aan de inzet van arbeid in relatie tot het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Bovendien zal bij het bepalen van de kosten van de inputs rekening worden gehouden met de kosten van toediening (bespuitingen, kunstmeststrooien en dergelijke).

Het onderzoek richt zich in eerste instantie op Nederland, maar vertaalt de resultaten zoveel mogelijk naar EU-niveau door gebruik te maken van aanwezige inzichten en datamateriaal over andere landen.

## **1.4 Aanpak onderzoek en indeling rapport**

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van de mogelijkheden om het gedrag van producenten in kwantitatieve zin te analyseren. Optimalisatie-modellen en econometrische modellen komen voor het voetlicht. In het vervolg van deze studie wordt gekozen voor de methode van optimalisatie. Hoofdstuk 3 gaat in op de korte-termijneffecten van wijzigingen in de prijsverhouding tussen graan en de variabele inputs stikstof en pesticiden. Hoofdstuk 4 gaat voor melkveebedrijven na wat de gevolgen zijn van wijzigingen in melkquota, krachtvoerprijzen en stikstofprijzen. Er wordt onderzocht wat de effecten zijn op de inzet van krachtvoer en stikstof in het produktieproces, op de saldi per bedrijf en op de mineralenoverschotten. Zowel in hoofdstuk 3 als in hoofdstuk 4 wordt gewerkt met input/output-relaties die zijn gebaseerd op gegevens uit het LEI-Boekhoudnet. In hoofdstuk 4 komt niet alleen de "gangbare" landbouw aan bod, maar wordt ook ingegaan op de vraag in hoeverre ontwikkelingen in prijsverhoudingen van invloed zijn op het aantrekkelijker worden van geïntegreerde teeltsystemen.

In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op het tempo van de groei van de graanopbrengsten per hectare als gevolg van technische ontwikkeling. De relatie tussen stijgende opbrengsten en de inzet van variabele inputs komt

daarbij aan de orde, evenals de vraag in hoeverre de opbrengststijging per hectare samenhangt met de economische en institutionele omgeving.

Hoofdstuk 6 bespreekt een aantal discussiepunten naar aanleiding van de gevolgde methodiek en de gemaakte afbakeningen in het onderzoek. In hoofdstuk 7 worden de conclusies van het onderzoek op een rij gezet.



## 2. ECONOMISCHE ANALYSE VAN HET PRODUCENTENGEDRAG

### 2.1 Inleiding

Centraal in de analyse van het gedrag van producenten staat het aanbod van produkten (outputs) en de vraag naar produktiefactoren (inputs). Welke combinatie van inputs kiest een producent, gegeven de omgeving waarin de bedrijfsvoering wordt uitgeoefend, en tot welke outputs leidt dit? Drie elementen zijn daarbij essentieel: 1) wat zijn de technische mogelijkheden van de producent? 2) wat zijn de doelstellingen van de producent? 3) hoe ziet de economische en institutionele omgeving van de producent eruit?

In dit hoofdstuk wordt nagegaan op welke manier het gedrag van producenten geanalyseerd kan worden. De econometrische en de optimaliseringsbenadering zullen worden besproken. Op basis daarvan wordt in deze studie een keuze gemaakt voor de optimaliseringsbenadering.

### 2.2 Algemeen overzicht modellen

Afhankelijk van de aard van de onderzoeksvragen, worden verschillende wegen bewandeld om te komen tot kwantitatieve conclusies omtrent het gedrag van producenten in bepaalde omstandigheden. Voor het bepalen van lange-termijneffecten is een andere aanpak nodig dan voor het bepalen van korte-termijneffecten. Soms is het voldoende om te kijken naar eerste-orde-effecten, terwijl in andere gevallen tweede-orde-effecten juist erg belangrijk zijn. De mate van interactie tussen de landbouw en de rest van de economie, of tussen de verbouw van een bepaald gewas en andere gewassen, is eveneens van belang voor het bepalen van de onderzoeksmethodiek.

De meest brede benadering wordt gevolgd in de benaderingswijze van de *algemene evenwichtsmodellen*, waarin de landbouwsector wordt gezien binnen de context van de gehele economie. De handelingen van consumenten, producenten, overheid en andere mogelijke actoren worden tegelijkertijd in beschouwing genomen, en een of ander (markt)mechanisme zorgt voor de onderlinge afstemming. Het ECAM-model (LEI, 1992) is een voorbeeld van een dergelijk model. *Partiële evenwichtsmodellen* gaan minder ver. Voor een specifieke sector, of een specifiek produkt, worden vraag en aanbod beschreven, terwijl de rest van de economie als exogeen wordt beschouwd. Blom & Hoogeveen (1993) hebben een dergelijk model voor de EU-graansector ontwikkeld. Een verdere vereenvoudiging wordt bereikt indien alleen het *producentengedrag* in beschouwing wordt geno-

men. De prijzen van inputs en outputs worden dan als gegeven beschouwd, en de analyse richt zich op het gedrag van de producenten in een bepaalde sector, gegeven bepaalde prijsverhoudingen. Voorbeelden voor Nederland zijn te vinden in Elhorst (1990), Thijssen (1992) en Wossink (1993). Nog een stap verder gaat de *agronomische* benadering die op gewasniveau nagaat wat de optimale inzet van inputs ten behoeve van de gewasproductie is. Doluschitz (1992) is een voorbeeld van deze benadering.

In deze studie zal de aandacht vooral gericht zijn op modellen die alleen het producentengedrag beschrijven. Uitgaande van gegeven prijzen van inputs en outputs, wordt daarbij de reactie van de agrarische ondernemers in beeld gebracht. In paragraaf 2.3 wordt ingegaan op de verschillen tussen twee benaderingen in de analyse van het producentengedrag: de econometrische benadering en de optimaliseringsbenadering. Het aspect "risico" komt afzonderlijk aan bod in paragraaf 2.4. Daarna volgt een overzicht van recente studies op het terrein van het producentengedrag, zowel econometrische studies als optimaliseringsstudies. Paragraaf 2.6 beschrijft waarom in deze studie gekozen wordt voor de optimaliseringsbenadering. Produktiefuncties (input/output-relaties) spelen een centrale rol bij deze benadering. De aard en de vorm van deze functies komt aan de orde in paragraaf 2.7. Produktiefuncties zijn voortdurend aan verandering onderhevig door technische ontwikkeling. Daar wordt bij stilgestaan in paragraaf 2.8. Het hoofdstuk sluit af met conclusies ten aanzien van de werkwijze in dit onderzoek.

## **2.3 Twee benaderingen voor het producentengedrag**

In de economische wetenschap is er geen eensgezindheid over de vraag wat de meest geschikte methode is om te bepalen hoe de vraag naar produktiefactoren en het aanbod van produkten door producenten reageert op externe prikkels. Wel is het uitgangspunt van de meeste theorieën/methoden dat een producent streeft naar optimalisatie van doelstellingen, meestal verengd tot *maximalisatie van winst of saldo*. Verder wordt aangenomen dat de individuele producent door zijn gedrag geen invloed heeft op de prijzen van produkten en produktiemiddelen. Ook wordt ervan uitgegaan dat de produktiemogelijkheden van de producenten in een sector kunnen worden weergegeven in één of enkele produktiefuncties (Elhorst & Van der Meer, 1993:62).

Er zijn twee hoofdstromingen te onderscheiden in de manier waarop vanuit de economische theorie het producentengedrag bestudeerd wordt: de optimaliseringsbenadering en de econometrische benadering. Binnen de eerste benadering - ook wel de *normatieve benadering* genoemd - wordt een beschrijving gegeven van de technische en institutionele mogelijkheden die een producent heeft om het productieproces in te richten en wordt berekend welke combinatie van inputs en outputs optimaal is. Optimaliteit wordt daarbij vertaald in het realiseren van maximale winst, een maximaal saldo, of iets dergelijks. Deze benadering geeft dus als resultaat wat de

vraag naar produktiefactoren en het aanbod van produkten zal zijn *als* de technische en institutionele mogelijkheden zijn zoals wordt aangenomen, en *als* de producent daadwerkelijk de geformuleerde doelstelling nastreeft. Uiteraard is er daarbij de mogelijkheid om zoveel mogelijk aan te sluiten bij wat er bekend is over de produktiemogelijkheden en over doelstellingen van ondernemers, maar een expliciete validatie-procedure waarmee nagegaan kan worden of het producentengedrag werkelijk overeenkomt met de resultaten van de optimaliseringsbenadering, ontbreekt bij deze benadering (Bauer, 1989). Wel kan worden nagegaan of de gekozen modellering van het producentengedrag in een specifieke situatie overeenkomt met wat in de praktijk wordt waargenomen.

De econometrische benadering gaat weliswaar ook uit van winst- of saldomaximalisatie door producenten, maar probeert directer aan te sluiten bij het daadwerkelijk in het verleden waargenomen gedrag van producenten. Op basis van economisch-theoretische overwegingen worden functionele verbanden gepostuleerd tussen de prijzen van produkten en produktiefactoren enerzijds en de vraag naar produktiefactoren en het aanbod van produkten anderzijds. Deze functionele verbanden worden geschat met behulp van statistische technieken op basis van historische data over prijzen, inputs en outputs. De schattingsresultaten bieden tevens de mogelijkheid tot validatie door na te gaan of de geschatte modelvergelijkingen de theoretisch-economische uitgangspunten niet weerspreken, bijvoorbeeld op het punt van afnemende meeropbrengsten.

Soms wordt in de econometrische benadering de produktiefunctie of input/output-relatie expliciet gemodelleerd, maar meestal wordt gewerkt met een kostenfunctie of een winstfunctie (de duale benadering). De winstfunctie relateert de maximaal te behalen winst aan de prijzen van inputs en outputs. De produktiefunctie zit daarbij impliciet in de winstfunctie. Uit de winstfunctie zijn de vraag- en aanbodvergelijkingen af te leiden door te differentiëren naar de prijzen van inputs en de prijzen van outputs. Schatting van de produktiefunctie is geen doel op zich in de econometrische benadering. Door schatting van een winstfunctie of kostenfunctie wordt het specificeren en schatten van een produktiefunctie zelfs overbodig.

In sommige gevallen wordt in de econometrische benadering direct gestart met het specificeren van vraag- en aanbodvergelijkingen. Een dergelijke ad hoc of partiële benadering heeft het voordeel van de eenvoud, maar heeft als nadeel dat de resultaten moeilijker interpreteerbaar worden, omdat slechts globaal wordt aangesloten bij een economische theorie. Bij dit nadeel past wel de relaterende kanttekening dat bij toetsing van veel econometrische modellen die zijn gebaseerd op economische theorieën, niet aan alle veronderstellingen blijkt te zijn voldaan. Burrell (1989:6) merkt dan ook terecht op: "therefore, although estimation of a system of equations rigorously derived from a dual cost or profit function is potentially a more efficient means of obtaining mutually consistent and statistically reliable estimates, the results are difficult to evaluate when the underlying theoretical assumptions appear to be invalid".

In de literatuur worden de optimaliseringsbenadering en de econometrische benadering beide toegepast bij de modellering van het producentengedrag. Bauer (1989) geeft aan dat de twee benaderingen als complementaire benaderingen moeten worden gezien. Beide hebben ze hun voor- en tegens.

Econometrische modellen nemen hun startpunt in historische gegevens over input- en outputniveaus en over prijzen. Dat is een sterk punt, want het sluit aan bij de praktijk op het boerenbedrijf. Zonder een gedetailleerde beschrijving te geven van alle onderdelen van het productieproces, kan toch een beschrijving gegeven worden van het producentengedrag. Het gebruik van historische gegevens is tegelijkertijd een zwak punt van de econometrische benadering. De tijdreeksen hebben betrekking op een specifiek productieproces zoals dat in het verleden aanwezig was. Technische ontwikkelingen worden meestal slechts in de vorm van trendvariabelen meegenomen. Het werken met econometrische modellen vereist de beschikbaarheid van tijdreeksen met betrekking tot prijzen. In de praktijk zijn de fluctuaties in prijzen niet zeer groot. Dat bemoeilijkt enerzijds het schatten van betrouwbare coëfficiënten met betrekking tot de prijzen, en anderzijds is het de vraag in hoeverre de schattingen ook betrokken mogen worden op relatief grote prijsveranderingen.

Optimaliseringsmodellen (bijvoorbeeld lineaire programmeringsmodellen) geven een gedetailleerde beschrijving van de onderdelen van het productieproces en kunnen ook rekening houden met nieuwe technieken die beschikbaar komen. Deze modellen hebben echter wel een grote data-behoefte. Bovendien moet een inschatting gemaakt worden van de technieken die in de praktijk gebruikt worden. Bij optimalisering wordt verondersteld dat de producent de beschikking heeft over de in het model opgenomen technieken, dat hij streeft naar (bijvoorbeeld) winstmaximalisatie, en dat winstgevende technieken onmiddellijk worden geïntroduceerd. Vertraagde reacties bijvoorbeeld als gevolg van informatie-achterstand of onzekerheid worden meestal buiten beschouwing gelaten. Optimaliseringsmodellen gaan ook voorbij aan de grote schakering in de technische coëfficiënten die zich in de praktijk voordoet.

De twee benaderingen hoeven in principe niet tot verschil in uitkomsten te leiden, zeker niet als het aggregatie-niveau in de analyse gelijk is. In het algemeen zijn de prijselasticiteiten die berekend worden met behulp van een optimaliseringsbenadering hoger (zie ook paragraaf 2.5). De technische mogelijkheden die in een optimaliseringsmodel worden verondersteld zijn vaak ruimer dan die welke in de praktijk aanwezig zijn. Voor een deel is dat te wijten aan het gebruik van experimentele data, maar de veronderstelling dat technische mogelijkheden onmiddellijk overal worden toegepast, speelt ook een rol. In de praktijk kunnen onzekerheid en onbekendheid een sterk remmende invloed op verandering hebben.

De econometrische benadering legt vooraf de kennis van de producent en de substitutiemogelijkheden niet vast, maar schat deze op basis van datamateriaal. Met de variatie tussen bedrijven wordt in econometrische

modellen ook beter rekening gehouden. Optimaliseringsmodellen gaan meestal uit van één of enkele representatieve bedrijven.

Burrell (1989) constateert - in tegenstelling tot wat hiervoor is gezegd - dat optimaliseringsbenaderingen vaak leiden tot een onderschatting van de reactiemogelijkheden van een producent. Als reden daarvoor geeft ze dat bij de optimaliseringsbenadering slechts een beperkt aantal technische mogelijkheden wordt meegenomen in een model. Voor een deel heeft dat echter met het aggregatieniveau van de analyse te maken. Optimalisering van de inzet van inputs gegeven een bouwplan levert uiteraard minder aanpassingsmogelijkheden dan optimalisering van alle mogelijke bedrijfsaanpassingen (inclusief het bouwplan).

## 2.4 Risico

Producenten combineren inputs op een zodanige manier tot outputs dat daardoor zo goed mogelijk wordt voldaan aan de doelstellingen die ze ermee willen realiseren. In economisch onderzoek wordt bij het bestuderen van het gedrag van producenten vaak uitgegaan van een situatie zonder onzekerheid. Gegeven een bepaalde prijs- en technische verhouding tussen inputs en outputs, wordt de landbouwer geacht een optimale keuze te maken. In de praktijk is er echter sprake van risico en onzekerheid. Een gegeven input kan "gemiddeld" wel een bepaalde hoeveelheid output genereren, maar er is geen zekerheid dat dat ook dit jaar zal optreden. Immers, de weersomstandigheden zijn nog onbekend en het optreden van ziekten en plagen is ook een ongewisse factor. Ook met betrekking tot de gemiddelde respons kan er onzekerheid zijn.

Indien iets bekend is over de verdeling van de weersomstandigheden en van het voorkomen van ziekten en plagen over een reeks van jaren, kan gewerkt worden met het uitgangspunt van maximalisatie van bijvoorbeeld de *verwachte* winst. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat een producent kijkt naar wat hij gemiddeld kan verdienen en zich niet bekommert over de schommeling in inkomsten. Jomini et al. (1991) volgen deze benadering. Een stap verder gaat de benadering die uitgaat van *nut*smaximalisatie in plaats van maximalisatie van de *verwachte* winst. Afhankelijk van de mate van risico-aversie kiest de producent een optimale combinatie van een *verwacht* winstniveau en van *verwachte* schommelingen daarin.

Burrell (1989) geeft aan dat vanwege het vlakke verloop van productie-functies bij hoge N-inputniveaus en de huidige verhoudingen van input/output-prijzen, "risk averse producers may rationally decide to apply nitrogen above recommended levels as a form of insurance against low take-up of nitrogen". Ze geeft echter ook aan dat "there is little empirical evidence available on this question".

Onianwa et al. (1992) gaan na wat de invloed is van het rekening houden met risico-overwegingen op producentenbeslissingen bij de inzet van kunstmest. Op basis van experimentele gegevens over de graanproductie in Minnesota komen ze tot de conclusie dat "fertilizer is a risk increasing in-

put". Als reden daarvoor geven ze aan dat "fertilizer increases the probability of high yield when rainfall is adequate and timely, but it also increases the probability of low yields when rainfall is inadequate and chemical burning occurs". Ze schatten een kwadratische produktiefunctie waarin de gewasopbrengst aan het stikstofgebruik wordt gerelateerd. De produktiefunctie bevat een stochastische en een deterministische component. In plaats van de verwachte winst wordt het zekerheidsequivalent van de winst geschat, waarbij de verwachte winst verminderd wordt met een term die het produkt is van de variantie van de winst en een risico-aversie-coëfficiënt. De conclusie is dat bij toenemende risico-aversie het bemestingsniveau daalt. En bovendien dat het effect van een prijsverhoging van stikstofkunstmest sterker is in het geval van risico-aversie dan in het geval van risico-neutraliteit.

Oskam et al. (1992) zien af van het incorporeren van risico-overwegingen in de analyse van het gebruik van pesticiden. "Many uncertainties that might play a role in actual decision making could be mentioned, but it is very difficult to incorporate them in actual research". Ze verwijzen onder andere naar de "heated discussion in the literature about the concept of relative risk aversion and the impossibility of measuring relative risk aversion directly". Opgemerkt wordt dat een LP-benadering een te gunstige voorstelling van zaken geeft van de keuzemogelijkheden van de boer, omdat geen rekening wordt gehouden met het risico dat verbonden is aan (nieuwe) input/output-mogelijkheden. Verder wordt geconcludeerd dat een neoklassieke econometrische benadering waarin risico-aversie en onzekerheid niet expliciet in beschouwing worden genomen, weliswaar leidt tot een minder juiste schatting van de vraagfunctie naar pesticiden, maar dat dit onder bepaalde voorwaarden weinig invloed heeft op de resultaten van de analyses van de gevolgen van prijsveranderingen. Dit wordt echter nauwelijks onderbouwd.

Pannell (1991) geeft een overzichtsartikel met betrekking tot het analyseren van de rol van risico bij het gebruik van pesticiden. Hij concludeert dat risico-aversie niet noodzakelijkerwijs leidt tot een verhoogd gebruik van pesticiden: "There are a number of sources of uncertainty which affect decision making for pest control. It was concluded that for some of these sources of uncertainty (e.g. pest density, yield loss per pest, pesticide effectiveness) pesticide application acts to reduce risk. However, for others (e.g. pesticide damage to crops, pest-free crop yield, output price) pesticide application can increase risk".

Concluderend kan gesteld worden dat vrijwel iedereen vindt dat onzekerheid en risico een rol spelen bij het gedrag van producenten, maar dat het moeilijk is om deze aspecten op een verantwoorde wijze bij de modellering van het producentengedrag mee te nemen.

In deze studie zal de rol van risico daarom niet expliciet in beschouwing worden genomen, maar bij de interpretatie van de uitkomsten zal het wel worden meegenomen.

## 2.5 Overzicht recente studies

### 2.5.1 Inleiding

In voorgaande paragrafen is aangegeven dat er verschillende benaderingen mogelijk zijn om inzicht te krijgen in de relatie tussen output en inputs enerzijds en prijsverhoudingen anderzijds. Er is op enkele punten al aangegeven dat de resultaten sterk afhangen van de gekozen methodiek en de uitgangspunten. In deze paragraaf zal ingegaan worden op een aantal studies die op dit terrein verricht zijn. Daarbij zullen onderzoeksresultaten op het punt van prijselasticiteiten worden vergeleken. Deze elasticiteiten geven aan met hoeveel procent het input- of outputniveau verandert indien een specifieke prijs 1% verandert. Ze zijn zowel bij de optimaliseringsbenadering als bij de econometrische benadering te berekenen. Ze geven als het ware in een samenvattend getal weer wat de invloed van prijzen op het productieproces is. Veel studies geven (eigen) prijselasticiteiten van de vraag naar kunstmest en van het aanbod van een produkt. Soms worden er ook kruiselingse elasticiteiten berekend, bijvoorbeeld de elasticiteit van het aanbod van een produkt met betrekking tot de prijs van een bepaalde input.

### 2.5.2 Verband tussen de input en de prijs van stikstof

Onianwa et al. (1992) zetten een optimaliseringsbenadering en een econometrische benadering naast elkaar om de effecten van een heffing op stikstof bij de teelt van mais in Minnesota te bepalen. Ze schatten een kwadratische N-responsfunctie op basis van experimentele gegevens. Uitgaande van optimalisatie van de inzet van N, wordt een eigen prijselasticiteit van stikstof van ongeveer -0,15 berekend. Op basis van historische gegevens wordt op Minnesota-level een translog-kostenfunctie geschat met N, P en K als inputs. De berekende prijselasticiteit komt dan op -0,35 voor N. Het ligt voor de hand dat deze hoger liggen dan die op gewasniveau, omdat op regionaal niveau substitutie tussen gewassen mogelijk is.

Doluschitz (1992) komt voor wintertarwe in Duitsland op basis van een kwadratische N-responsfunctie op een prijselasticiteit voor stikstof van -0,1, indien uitgegaan wordt van optimalisering. England (1986) berekent voor het Verenigd Koninkrijk voor wintertarwe eenzelfde grootte van de elasticiteit op basis van een exponentiële gewasresponsfunctie. De respons van het gewas op stikstof is zodanig dat in het traject 50 à 150 kg N/ha en gegeven de huidige prijsverhoudingen, de prijselasticiteit van de vraag naar kunstmest vrijwel altijd in de buurt van -0,1 à -0,2 uitkomt.

Burrell (1989) geeft een overzicht van eigen prijselasticiteiten van de vraag naar kunstmest in diverse studies. De elasticiteiten variëren van -0,08 tot -2,156, afhankelijk van de gekozen methode (optimalisering/econometrisch), de sector/gewassen, het gebied, de tijdsperiode en dergelijke. Studies waarin de optimaliseringsmethode wordt gebruikt, leveren elasticiteiten tussen -0,1 en -0,4 (voor het VK, Duitsland en Denemarken). Burrell schrijft deze lage elasticiteiten toe aan de beperkte substitutiemogelijkhe-

den - of de afwezigheid van substitutiemogelijkheden bij analyse op gewas-niveau - die bij deze benadering worden verondersteld. Zij is van mening dat de inbreng van de mogelijkheden om over te stappen op andere gewassen meer overeenkomt met de realiteit en daarom tot meer realistische elasticiteiten leidt: "Some farms undoubtedly are constrained in this way (a limited output-adjustment) or perceive themselves to be so. In other cases, the comparative advantage of farm crops makes it pointless to consider other options even for large changes in prices. However, in general, it must be hazardous to use these results to form conclusions about the aggregate response of farms where cereals are grown" (p.7).

Burrell (1989) kiest voor het Verenigd Koninkrijk voor een econometrische benadering en komt tot prijselasticiteiten van de vraag naar stikstof-kunstmest van -0,4 à -0,5. Een vergelijkbare LP-studie van England (1986) leverde lagere elasticiteiten. Burrell waarschuwt wel voor te snelle conclusies uit de berekende elasticiteiten. Ze geeft aan dat er historisch gezien weinig variatie in de prijzen geweest is, en dat de effecten van relatief grote prijsveranderingen hiermee maar moeilijk ingeschat kunnen worden. "At the same time, the estimated effect of even a small price change is large enough to refute the popular belief that fertiliser prices would have to double to have any real impact on fertiliser use" (Burrell, 1989:17). Verder wijst ze erop dat voor een inschatting van het lange-termijneffect inzicht nodig is in de mate waarin technische ontwikkeling wordt beïnvloed door relatieve prijzen.

Voor veel landen in Europa zijn er econometrische schattingen verricht op het terrein van het producentengedrag. Glass en MacKillop (1990) berekenen op basis van tijdreeksen voor de Ierse landbouw een eigen prijselasticiteit van kunstmest van -0,08, maar deze wijkt niet significant van 0 af. Bonnieux (1989) geeft *lange-termijn*elasticiteiten voor Frankrijk en komt op een eigen prijselasticiteit van non-factor-inputs van -1,18. Becker & Guyomard (1992) hebben op basis van gegevens uit de Regio-databank van de EU (periode 1982-1988) vraag- en aanbodelasticiteiten voor de verschillende EU-landen geschat. Uitgaande van de dualiteitstheorie wordt een gemiddelde prijselasticiteit van de vraag naar meststoffen geschat van -0,5 op EU-niveau, variërend van -0,3 tot -0,6 op landenniveau. Larson & Vroomen (1991) hebben voor een aantal staten in de VS prijselasticiteiten voor de vraag naar kunstmest afgeleid. De elasticiteiten variëren van -0,2 tot -0,8. Verschillen in prijselasticiteiten tussen de staten zijn te verklaren uit verschillen in productie-omstandigheden en de stand van de techniek en de mogelijkheden om aanpassingen in het bouwplan aan te brengen.

Geconcludeerd kan worden dat de respons van gewassen op stikstof zodanig sterk is dat de stikstofprijzen maar een geringe invloed hebben op de vraag naar stikstof. Optimaliseringsstudies op gewasniveau geven aan dat het effect op de output van een kg stikstof die minder ingezet wordt, zodanig groot is, dat forse prijsstijgingen voor stikstof noodzakelijk zijn om producenten te bewegen minder kunstmest te gebruiken. Econometrische studies die rekening houden met de substitutiemogelijkheden tussen gewassen op bedrijfsniveau, komen tot een sterkere invloed van de prijs op de



inzet van stikstof. Daarbij moet echter bedacht worden dat het effect van massale omschakeling van producenten op alternatieve gewassen - een hoger aanbod en als gevolg daarvan prijsdalingen - niet altijd meegenomen wordt. Prijselasticiteiten geven aan wat er gebeurt indien een specifieke prijs verandert en de overige omstandigheden gelijk blijven. Maar de omstandigheden waarin de produktie van een gewas plaatsvindt, zijn aan voortdurende verandering onderhevig. Mogelijkheden die er in het verleden waren om bij ongunstige prijsverhoudingen voor een specifiek gewas uit te wijken naar een ander gewas zijn er niet automatisch ook in de toekomst. Waar de markten van steeds meer produkten verzadigd raken, zijn slechts marginale verschuivingen tussen gewassen mogelijk. Dat betekent dat de inzet van stikstof minder sterk terug zal lopen bij een prijsverhoging van stikstof dan op grond van prijselasticiteiten op basis van historische data verwacht zou worden.

Daarnaast is het van belang om te onderkennen dat prijselasticiteiten betrekking hebben op kleine prijsveranderingen en dat ze niet zonder meer bruikbaar zijn voor het doorrekenen van grote prijsveranderingen.

### 2.5.3 Verband tussen de input en de prijs van pesticiden

Oskam et al. (1992) komen in een studie over het gebruik van pesticiden in Nederland tot de conclusie dat een optimaliseringsbenadering juist tot hogere prijselasticiteiten van de vraag naar pesticiden leidt dan een econometrische benadering. Dat wordt verklaard uit de onmiddellijke en optimale gedragsverandering op basis van volledige informatie van een groot aantal technische mogelijkheden die wordt verondersteld bij de optimaliseringsbenadering. Met onzekerheid en risico-aversie wordt geen rekening gehouden. Aan de andere kant neemt de econometrische benadering nieuwe technische ontwikkelingen niet direct in beschouwing, waardoor een onderschatting wordt gegeven van de aanpassingsmogelijkheden van de producent.

Oskam et al. berekenen op basis van een duale econometrische benadering voor de Nederlandse akkerbouw (winstfunctie op basis van tijdreeksen voor een aantal groepen bedrijven) een korte termijn eigen prijselasticiteit van de vraag naar pesticiden van  $-0,2$ . De lange-termijnelasticiteit (als ook de vastere produktiefactoren zich aanpassen) is nauwelijks groter. Op basis van de optimaliseringsbenadering ligt de elasticiteit vier keer zo hoog. De econometrische schatting wordt gezien als een ondergrens van de elasticiteit en de LP-schatting als een bovengrens.

Oskam et al. (1992) bespreken ook een aantal andere studies. Ze wijzen op Elhorst (1990), die een prijselasticiteit van  $-0,29$  voor non-factorinputs berekent voor de Nederlandse akkerbouw. Deens onderzoek op basis van "damage threshold models" komt voor pesticiden op elasticiteiten van  $-0,2$  à  $-0,3$ ; op basis van een econometrisch model zijn de elasticiteiten veel hoger, namelijk  $-0,7$  à  $-0,8$ . De elasticiteiten voor herbiciden zijn lager dan die voor fungiciden en insecticiden (Dubgaard, 1991). Onderzoek voor Duitsland (Schulte, 1983) op basis van LP-modellen waarin ook bouwplanaanpas-

singen worden meegenomen, komt op een prijselasticiteit voor de vraag naar fungiciden van -0,5. Voor Zweden wordt op basis van een "interregional spatial" LP-model een prijselasticiteit van -0,2 voor pesticiden berekend. Daarbij werd gebruik gemaakt van experimentele data en "damage-threshold models" (Pettersson, 1989). Tenslotte wordt in Oskam et al. (1992) nog verwezen naar een nog te verschijnen studie van Oskam over de economische analyse van het gebruik van kunstmest en pesticiden in de Nederlandse akkerbouw, waarin op basis van micro-data uit het LEI-Boekhoudnet, elasticiteiten voor de vraag naar pesticiden van -0,4 à -0,5 worden afgeleid.

Geconcludeerd kan worden dat er omtrent de gevoeligheid van de inzet van pesticiden voor de prijs van pesticiden minder bekend is uit de literatuur dan het geval is voor stikstof. De indruk bestaat dat de prijselasticiteit van pesticiden niet veel hoger ligt dan die voor stikstof. Bij de resultaten van de verschillende studies moet nog wel de kanttekening geplaatst worden dat pesticiden een heterogene input vormen. De inzet van pesticiden is veel minder gemakkelijk te meten vanwege de enorme variëteit aan pesticiden en de snelle veranderingen in het pakket middelen.

#### 2.5.4 Conclusie eigen prijselasticiteiten inputs

Een algemene conclusie is dat de prijselasticiteit van de vraag naar kunstmest en pesticiden als vrij laag moet worden ingeschat. De laagste schattingen resulteren uit studies die uitgaan van een enkel gewas en die voor dat gewas de marginale opbrengsten en kosten aan elkaar gelijk stellen (optimaliseringsbenadering). De prijselasticiteit ligt dan in de orde van grootte van -0,1 à -0,2. Studies die zich richten op het bedrijfsniveau en die mogelijke bouwplanaanpassingen in beschouwing nemen en de substitutiemogelijkheden met andere produktiefactoren in beschouwing nemen, komen tot elasticiteiten van 0,2 à 0,5. LP-studies waarin ruime substitutiemogelijkheden en nieuwe technieken worden meegenomen, komen tot enigszins hogere elasticiteiten. Studies op sectorniveau komen in het algemeen ook tot hogere elasticiteiten dan studies op bedrijfsniveau.

De lage prijselasticiteiten geven weer dat de inzet van kunstmest en pesticiden voor een brede range van prijsverhoudingen zeer rendabel is. Dat houdt direct verband met de fysieke relatie tussen output en inputs, waarbij er weliswaar sprake is van afnemende meeropbrengsten, maar waarbij een sterke reductie in de inzet van inputs pas in beeld komt bij prijsverhogingen van honderden procenten.

De Wit (1992) geeft als één van de verklaringen voor het feit dat de produktie in goed te beheersen bedrijfssystemen niet of nauwelijks wordt aangepast aan veranderende prijzen van produkten of produktiefactoren, dat steeds méér produktiefactoren, technisch gezien, onderling afhankelijk zijn en dús in bijna vaste technische verhoudingen moeten worden ingezet. Dit leidt ertoe dat een groter aantal produktiefactoren niet meer als variabel kan worden beschouwd, maar meer als "vast onderdeel" in de totale bedrijfsvoering moet worden gezien. Een mindere flexibiliteit leidt er dus toe dat de elasticiteit terugloopt. Ook De Hoogh (1986) en De Veer (1986) wij-

zen op deze ontwikkeling. Op de lange termijn is de inzet van produktiefactoren uiteraard minder vast. De ontwikkeling van allerlei geïntegreerde bedrijfssystemen (zie hoofdstuk 3) geeft aan dat er wel degelijk substitutiemogelijkheden zijn tussen enerzijds kunstmest en pesticiden en anderzijds arbeid, kennis en werktuigen.

### 2.5.5 Verband tussen outputniveau en outputprijs

De al eerder aangehaalde studie van Becker en Guyomard komt voor granen op een eigen (korte-termijn)prijselasticiteit van 0,5, gemiddeld voor de EU. Daarbij varieert de elasticiteit van 0,3 (Italië, Griekenland) tot 0,8 (U.K., België, Portugal). Abler en Shortle (1992) geven prijselasticiteiten van het aanbod voor de Verenigde Staten en de EU voor 1982, op basis van een econometrische benadering. Voor de korte termijn worden voor tarwe en mais zowel voor de EU als voor de VS aanbodelasticiteiten van 0,5 geschat. Op de lange termijn zou de elasticiteit 3 à 5 bedragen. Het is echter de vraag of in deze en andere econometrische studies voldoende rekening is gehouden met het feit dat bij steeds meer verzadigd rakende markten voor landbouwprodukten, de uitwijkmogelijkheden van de producent naar andere gewassen steeds geringer worden.

Een studie van Henneberry et al. (1991) toont dat in de Verenigde Staten kleinere bedrijven een grotere elasticiteit vertonen dan grotere bedrijven. Zij "zitten minder vast" aan de landbouw: er wordt geproduceerd wanneer de prijzen gunstig zijn en het productieproces wordt stilgezet wanneer het tij keert. Het feit dat kleinere bedrijven over het algemeen minder gespecialiseerd zijn, speelt hierbij mede een rol.

Veel studies waarin de inzet van inputs wordt geoptimaliseerd gegeven gewasresponsfuncties, laten zien dat de opbrengst per hectare nauwelijks daalt bij prijsdalingen van gewassen. Eigen prijselasticiteiten van ongeveer 0,1 zijn niet ongebruikelijk (England, 1986; Doluschitz, 1992). De hoeveelheden inputs reageren wel enigszins op de prijs van de gewassen. Dit heeft te maken met het verloop van de produktiefuncties. Door dalende outputprijzen vindt er een verschuiving plaats in het "platte" gedeelte van de produktiefunctie, waar de produktie nauwelijks afneemt bij een verminderde hoeveelheid inputs. Om terecht te komen in het steile deel van de produktiefuncties zijn zeer sterke prijsdalingen van het gewas noodzakelijk.

### 2.5.6 Kruiselingse elasticiteiten

De elasticiteit van de output met betrekking tot de prijs van inputs is - samenhangend met wat in het voorafgaande is gesteld - erg laag. Een verdubbeling van de inputprijzen leidt weliswaar tot enige reductie van de input (10 à 20%), maar nauwelijks tot enige reductie van de output. Omgekeerd leidt een halvering van de outputprijzen tot een geringe reductie van de inzet van inputs (10 à 20%), terwijl de output slechts met enkele procenten afneemt. Econometrische studies komen in het algemeen ook tot vrij lage kruiselingse elasticiteiten.

### 2.5.7 Conclusies

Uit de literatuur kan worden geconcludeerd dat een substantiële reductie van de opbrengst per hectare eigenlijk niet te realiseren is via een prijsdaling van granen. Een verlaging van de graanprijzen met 35% tot ongeveer 25 cent per kg leidt slechts tot een reductie van de opbrengst per hectare met enkele procenten. De hoeveelheid kunstmest die ingezet wordt daalt wel met 10 à 20 procent. Dit alles leidt tot een flinke daling van het saldo per hectare. Een verdere verlaging van de outputprijzen leidt weliswaar tot grotere effecten, maar bij dergelijke prijsniveaus is een rendabele graanteelt nauwelijks mogelijk. Veel grotere reducties in het opbrengstniveau per hectare en het gebruik van inputs zijn te realiseren door de kunstmest- en pesticidenprijzen te verhogen. Weliswaar moeten de betreffende prijzen dan met enkele honderden procenten omhoog om een substantieel effect te bereiken, maar dit gaat veel minder dan bij graanprijsverlaging ten koste van het saldo per hectare.

### 2.6 Keuze methodiek

In dit onderzoek staat de vraag centraal hoe producenten de inzet van variabele inputs zullen aanpassen bij ongunstiger wordende prijsverhoudingen tussen output en input. Daarbij beperkt de analyse zich tot het gewasniveau. Gegeven de teelt van een hectare graan of gras, wordt onderzocht welk niveau van inputs en outputs gekozen wordt bij specifieke economische omstandigheden. In deze paragraaf wordt aangegeven welke methode zich daar het beste voor leent.

In principe zou een econometrische analyse inzicht kunnen geven in de mate waarin en de wijze waarop producenten reageren op economische prikkels. Door het schatten van vraagvergelijkingen voor inputs en aanbodvergelijkingen voor outputs op basis van historische data, is het mogelijk om te berekenen wat het verband is tussen prijzen en input/output-verhoudingen. Een econometrische benadering heeft echter als nadeel dat het productieproces vrij globaal beschreven wordt en dat milieu-effecten moeilijk zijn af te leiden uit de resultaten, met name voor de melkveehouderij, waar de inzet van stikstof, krachtvoer en ruwvoer en de afvoer van melk, vlees, ruwvoer en mest samen bepalen welke mineralenoverschotten er ontstaan. Daar komt bij dat de technische ontwikkeling niet expliciet meegenomen kan worden, behalve dan door een trendvariabele. Nieuwe technische mogelijkheden (bijvoorbeeld van geïntegreerde akkerbouw) kunnen moeilijk in de analyse betrokken worden. Institutionele veranderingen zoals met betrekking tot de mestwetgeving en de melkquotering zijn vrij moeilijk mee te nemen. Verder is er het probleem van de beperkte variatie die in de data aanwezig is. Prijzen van inputs en output hebben in het verleden weliswaar gefluctueerd, maar dat was maar op beperkte schaal. Het is de vraag of daarmee de effecten van forse veranderingen in input- en outputprijzen

bepaald kunnen worden. De geringe prijsvariatie bemoeilijkt bovendien het schatten van betrouwbare coëfficiënten in vraag- en aanbodvergelijkingen.

Een optimaliseringsbenadering heeft weliswaar als nadeel dat de koppeling met historische reactiepatronen niet direct gelegd wordt, maar biedt wel de mogelijkheid om ook situaties die in het verleden niet voorkwamen, door te rekenen. Nieuwe technische mogelijkheden kunnen worden meegenomen, evenals wettelijke maatregelen op milieugebied (bijvoorbeeld fosfaatnormen). De milieu-effecten van de inzet van inputs kunnen via technische relaties uit een optimaliseringsmodel worden afgeleid. Een nadeel van de optimaliseringsbenadering is dat de snelheid waarmee producenten reageren op economische prikkels, wordt genegeerd. Waar het gaat om effecten op wat langere termijn, speelt dit echter een minder grote rol.

Gegeven het doel van dit onderzoek ligt het voor de hand om de optimaliseringsmethode te hanteren. Het nadeel van grote afwijkingen tussen de produktietechnieken die in de praktijk worden toegepast en de produktie-technieken die in het model gebruikt worden, kan in dit onderzoek ondervangen worden door input/output-relaties te baseren op data uit het LEI-Boekhoudnet.

Voor de bedrijven waarop graan verbouwd wordt, is voor een reeks van jaren bekend wat de opbrengsten per hectare per graansoort zijn en wat de inzet van stikstof en pesticiden per hectare per graansoort is. Dat geeft de mogelijkheid om gewasresponsfuncties te schatten. Nagegaan kan worden in hoeverre graantelers bij de inzet van inputs uitgaan van maximalisatie van het saldo per hectare. Ook kan worden nagegaan hoe de optimale inzet en de daarbij behorende produktie verandert bij zich wijzigende prijsverhoudingen. De milieu-effecten kunnen worden berekend door de aan- en afvoer van inputs te bepalen. De optimaliseringsbenadering biedt ook de mogelijkheid om alternatieve produktietechnieken (bijvoorbeeld geïntegreerde teelt) op een directe manier te vergelijken met de gangbare technieken. Voor de alternatieve technieken zijn nog geen historische data beschikbaar, waardoor een econometrische benadering moeilijk uitsluitsel kan geven over de aantrekkelijkheid van deze technieken onder veranderende economische en institutionele omstandigheden.

Voor de melkveehouderij zijn weliswaar geen gegevens over de grasproduktie per hectare beschikbaar, maar omdat wel alle inputs die het bedrijf binnenkomen en alle outputs die het bedrijf verlaten, worden geregistreerd, is er een voldoende basis om een gewasresponsrelatie en een voederbehoefte-relatie te schatten. Deze kunnen gebruikt worden om de optimale inzet van inputs bij variërende economische randvoorwaarden te berekenen. Het gebruik van het LEI-Boekhoudnet biedt de mogelijkheid om niet alleen "gemiddelde" bedrijven door te rekenen, maar ook de gehele variatie achter het gemiddelde bedrijf. Omdat alle inputs en outputs worden geregistreerd, en de produktie-activiteiten vrij expliciet worden gemodelleerd (bijvoorbeeld injectie van mest, ammoniakemissie-arme stallen) is het mogelijk om de milieu-effecten (nutriëntenoverschotten) direct te berekenen.

De aanpak in de hoofdstukken 3 en 4 is op zich niet nieuw. Een belangrijk verschil met diverse studies op dit terrein is dat op basis van praktijkgegevens produktiefuncties op gewas- en dierniveau worden geschat die vrij gedetailleerd het effect van afzonderlijke variabele inputs in beeld proberen te brengen. Hiermee wordt een tussenweg gekozen tussen een globale econometrische benadering op basis van praktijkgegevens van geaggregeerde inputs, en een gedetailleerde agronomische benadering op basis van proefveldgegevens. Ook zal nagegaan worden in hoeverre het gedrag van ondernemers in de landbouw in het verleden overeenkomt met de model-uitkomsten.

## **2.7 Produktiefuncties**

### **2.7.1 Inleiding**

In de vorige paragraaf is aangegeven dat in deze studie het producentengedrag via de optimaliseringsbenadering zal worden bestudeerd. Bij deze benadering neemt de technische relatie tussen het produktievolume van verschillende produkten en de daarvoor benodigde inzet van produktiemiddelen, een vrij centrale plaats in. Waar de econometrische benadering de mogelijkheid biedt om de specificatie van deze technische relatie te omzeilen, is deze specificatie bij optimalisering essentieel. De relatie tussen inputs en outputs wordt door economen meestal de produktiefunctie genoemd, terwijl agronomen eerder spreken over de input/output-relatie. In deze paragraaf zal worden ingegaan op de manier waarop input/output-relaties c.q. produktiefuncties worden gespecificeerd en op de verschillen die er op dit punt zijn tussen de twee genoemde vakgebieden.

### **2.7.2 Agronomische en economische benadering**

Een produktiefunctie geeft de technische relatie tussen inputs en outputs in een produktieproces. In de literatuur over produktiefuncties worden uiteenlopende specificaties van deze functie aangetroffen. Deze hebben zowel betrekking op de functie-vorm als op het aantal inputs dat in beschouwing wordt genomen (Elhorst en Van der Meer, 1993).

Afhankelijk van de doelstelling van een onderzoek, wordt gekozen voor een bepaald aggregatieniveau (een plant, een perceel, een bedrijf, een sector), specifiek datamateriaal (experimentele data of praktijkdata) en specifieke inputfactoren. Zo zijn agronomen eerder geïnteresseerd in produktiefuncties op gewasniveau - dikwijls per ras - met één of een beperkt aantal variabelen in relatie tot de opbrengst van één gewas, waarbij de data zijn gebaseerd op experimenten. Dergelijke produktiefuncties worden onder andere ten behoeve van voorlichtingsactiviteiten gebruikt. Economen hebben daarentegen meer belangstelling voor een produktiefunctie op bedrijfs- of sectorniveau, waarbij zoveel mogelijk relevante inputfactoren in hun onderlinge samenhang worden meegenomen. Dit vloeit voort uit de

wens om processen te verklaren vanuit actoren die beslissingen nemen, waardoor inzicht verkregen kan worden in te verwachten reacties van producenten op bijvoorbeeld prijsontwikkelingen. Doordat de inputfactoren die meegenomen worden in de analyse vaak aggregaten van afzonderlijke inputs zijn, wordt de interpretatie van onderzoeksresultaten echter bemoeilijkt.

De resultaten van schattingen van produktiefuncties door agronomen en economen kunnen in de praktijk nogal eens van elkaar verschillen. Maar dat betekent niet dat ze daarom ook tegenstrijdig zijn. Afhankelijk van het beoogde doel, geeft de ene of de andere benadering meer bruikbare resultaten. Het lijkt zinnig om niet te veel te spreken over "agronomische" of "economische" produktiefuncties, maar steeds aan te geven op welk aggregatieniveau de produktiefunctie betrekking heeft, welke inputs in beschouwing zijn genomen en op basis van welk type data de schattingen verricht zijn.

### 2.7.3 Functionele verbanden

Naast keuzes omtrent het aggregatieniveau en het aantal en type inputfactoren bij het schatten van produktiefuncties, is de keuze van het functionele verband belangrijk. Het gaat dan bijvoorbeeld om de vraag of de te schatten functie wel of geen constante term bevat (wel of geen opbrengst indien geen inputs worden toegediend), wel of geen asymptoot (groeiplafond) heeft, of er sprake is van een rechte of kromlijnig verband, en of er substitutiemogelijkheden tussen inputs zijn.

In het agronomisch onderzoek zijn verschillende theorieën ontwikkeld over de aard en de vorm van produktiefuncties (Elhorst & Van der Meer, 1993; De Wit, 1992). Zo zegt de wet van het minimum (de wet van Von Liebig) dat de opbrengst van een gewas steeds bepaald wordt door één factor, namelijk de factor die "in het minimum verkeert". Dit impliceert dat produktiefactoren onderling niet substitueerbaar zijn; dat het toedienen van een niet-beperkende factor niet leidt tot een hogere opbrengst. Als stikstof bijvoorbeeld de beperkende factor is, reageert het gewas altijd met eenzelfde produktieverhoging op een specifieke hoeveelheid extra stikstof, ongeacht het niveau van de overige omstandigheden: de helling van de produktiefunctie die het verband tussen stikstofgift en gewasopbrengst weergeeft, blijft dus gelijk onder verschillende omstandigheden (bijvoorbeeld meer fosfor, betere waterhuishouding, beter management). Als een bepaald niveau van stikstofgift is bereikt, zal een andere produktiefactor beperkend worden en zal de gewasopbrengst niet verder toenemen bij toenemende stikstofgift. Het maximale produktieniveau gegeven de overige produktieomstandigheden is dan bereikt. De gewasresponsfuncties worden daarom ook wel "Linear Response and Plateau (LRP) Functions" genoemd vanwege de lineaire relatie tussen input en output tot een niveau waarop de functie horizontaal gaat lopen.

De wet van het minimum richt zich in eerste instantie op de individuele plant of op een homogene plot. Maar al zou de lineaire respons tussen

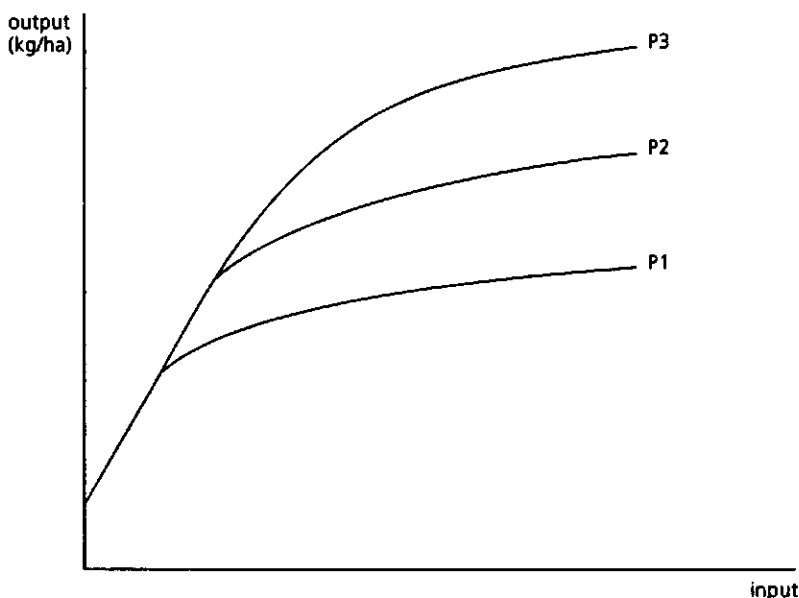
input en output op plotniveau geldig zijn, dan hoeft dit nog niet het geval te zijn op geaggregeerd niveau (bijvoorbeeld op perceelsniveau). Binnen één perceel kunnen verschillen in grondsoort, waterhuishouding en nutriëntenvoorziening dusdanig groot zijn dat niet steeds dezelfde produktiefactor beperkend is, wat resulteert in een kromlijinig verband (figuur 2.1) opgebouwd uit verschillende stukjes van verschillende functies à la Von Liebig (Berck en Helfand 1990; Jomini et al., 1991, Nijland, 1994). Berck en Helfand (1990) laten zien dat als de overige produktie-omstandigheden (bijvoorbeeld de P-voorziening) binnen een perceel een Pareto-verdeling hebben en op het niveau van de homogene plot binnen een perceel de LRP-functievorm geldt, de produktiefunctie op perceelsniveau een Cobb-Douglas-vorm heeft. Op dezelfde manier wordt er een link gelegd tussen een uniforme (rechthoekige) verdeling en een kwadratische produktiefunctie en tussen een exponentiële verdeling en een negatief exponentiële produktiefunctie. Daarmee wordt duidelijk dat de kloof tussen agronomische wetten en functionele verbanden die binnen de economie worden gehanteerd (bijvoorbeeld de Cobb-Douglas-functie en de kwadratische functie) minder groot is dan het op het eerste gezicht lijkt.

Paris (1992) relativeert het verschil tussen een rechtlijnig en een kromlijinig verband sterk door te zeggen dat "the linearity of the response is not an essential feature of the von Liebig hypothesis". De kern van de wet van het minimum is dat er geen substitutie tussen inputs mogelijk is en dat er sprake is van een opbrengstplafond.

Naast de wet van het minimum is er de wet van het optimum (de wet van Liebscher) die stelt dat een groeifactor of input meer bijdraagt aan de opbrengstverhoging wanneer andere groeifactoren dichter bij hun optimum liggen. De respons van een gewas op de toediening van een specifieke groeifactor hangt dus af van het niveau van de overige factoren. Dat betekent dat er substitutiemogelijkheden tussen produktiefactoren zijn. In termen van figuur 2.1 houdt dat in dat de hellingshoek van de responscurve afhangt van het niveau van de overige produktiefactoren. Volgens Von Liebig is de hellingshoek vast en kunnen andere produktiefactoren er alleen voor zorgen dat de maximaal te behalen output toeneemt, terwijl volgens Liebscher ook de hellingshoek toeneemt bij een verbetering van het niveau van de overige produktiefactoren.

Een bijzonder geval van de wet van het optimum is de wet van de constante werkingsfactoren (de wet van Mitscherlich). Volgens deze wet neemt de respons van een gewas op een specifieke input, over het gehele traject van mogelijke inputniveaus, met een constante factor toe indien andere inputs dichter bij hun optimale niveau komen. In termen van figuur 2.1 betekent dat, dat responscurves die betrekking hebben op verschillende overige groeiomstandigheden uit elkaar afgeleid kunnen worden door vermenigvuldiging vanuit de horizontale as.





*Figuur 2.1 Input/output-relatie volgens Von Liebig bij verschillende niveaus van overige productieomstandigheden en produktiefactoren*

Empirisch onderzoek heeft geen duidelijk antwoord gegeven op de vraag welke van de drie theorieën van toepassing is. Waar De Wit (1992) veel voorbeelden geeft die doen denken aan de wet van Liebscher, concludeert de studie van de NRLO (Elhorst en Van der Meer, 1993) dat input/output-relaties vaak voldoen aan de wet van Von Liebig (zie ook Jomini et al., 1991) en soms aan de wet van Liebscher. "Er is geen dwingende reden waarom de ene dan wel de andere theorie altijd zou moeten opgaan" (Elhorst en Van der Meer, 1993). Afhankelijk van de productie-omstandigheden zal de input/output-relatie meer met de ene wet of met de andere wet sporen.

Volgens De Wit (1992) geldt de wet van het minimum in situaties waarin een aantal produktiemiddelen sterk beperkend is, terwijl de wet van de constante werkingsfactoren van kracht is wanneer er een zodanig "redelijk" aanbod van produktiemiddelen is, dat de efficiency van een enkel produktiemiddel verzekerd is; de wet van het optimum zit tussen beiden. Als gevolg van de (toenemende) technische vooruitgang en de betere beheersing van het productieproces zou er dus een verschuiving op moeten treden van de geldigheid van de wet van het minimum in de richting van de wet van de constante werkingsfactoren. Dat zou betekenen dat door technische vooruitgang de efficiency van de inzet van produktiemiddelen (de "resource use efficiency") zou worden verhoogd (De Wit, 1992). De resultaten van de

NRLO-studie laten echter zien dat de wet van het minimum ook in situaties van een ver voortgeschreden technische ontwikkeling voorkomt.

De wetmatigheden die hiervoor besproken zijn, zeggen wel iets over substitutiemogelijkheden, afnemende meeropbrengsten, en dergelijke, maar gaan - met uitzondering van de LRP-interpretatie van de wet van het minimum - niet in op de specifieke functievormen die geschikt zijn om het verband tussen inputs en output weer te geven.

De agronomische en economische literatuur geeft wel een aantal aanknopingspunten (zie bijvoorbeeld Dillon en Anderson, 1990:26-27), maar geen duidelijke richtlijnen. Frank et al. (1990) vergelijken vier specificaties, namelijk een kwadratische functie, een Von Liebig-functie (LRP), een Mitscherlich-Baule-functie en een translogfunctie. Ze tonen aan dat het kiezen van een specifieke functievorm een grote invloed heeft op de conclusies omtrent de optimale inzet van stikstof en fosfaat. Voor een specifieke input/output-dataset en bijbehorende prijzen, komen ze voor de vier functievormen tot een optimale N-input van respectievelijk 210, 100, 159 en 155 pond. Ze geven aan dat de "kosten" van het gebruik van een specifieke functievorm, terwijl een andere functievorm een juiste beschrijving van het productieproces geeft, het kleinst zijn bij het gebruik van de flexibele translogfunctie. De translogfunctie heeft echter wel meer te schatten parameters en is moeilijker te interpreteren. De Mitscherlich-Baule-functie voldeed ook goed. Verder wordt geconcludeerd dat er voor een goede weergave van het productieproces op z'n minst sprake moet zijn van de mogelijkheid van het opsporen van eventueel aanwezige afnemende meeropbrengsten en van substitutiemogelijkheden tussen inputs.

Paris (1992) borduurt verder op het onderzoek van Frank et al. (1990) en voegt daar nog een wortelfunctie en een niet-lineaire Von Liebig-functie aan toe. Hij concludeert dat laatstgenoemde functie superieur is voor wat betreft robuustheid. Dat wil zeggen dat indien het werkelijke verband een andere functievorm heeft dan de gekozen functievorm, deze functievorm de kleinste kans op verkeerde conclusies met zich meebrengt.

Onianwa et al. (1992) zijn niet onder de indruk van de conclusies van Frank et al. met betrekking tot de geschiktheid van de Mitscherlich-Baule-specificatie. Ze kiezen voor een kwadratische specificatie. De eerstgenoemde functie is te restrictief, onder andere omdat niet goed rekening wordt gehouden met afnemende meeropbrengsten vanuit het gezichtspunt van meerdere inputs tegelijk. Voor hoge inputniveaus is dit niet geschikt. Door de a priori veronderstelling van afwezigheid van substitutie-mogelijkheden valt ook een Von Liebig-specificatie af. De kwadratische functie kent weliswaar geen groeiplateau, maar laat wel afnemende meeropbrengsten voor alle inputs toe.

In veel toepassingen wordt gebruik gemaakt van de kwadratische specificatie. "Bei monofaktorieller Betrachtung nur eines Produktionsfaktors, im Bereich der pflanzlichen Produktion Stickstoff als wichtigster Faktor, erweist sich die nicht-lineare quadratische Produktionsfunktion im Allgemeinen als beste Anpassung an das Datenmaterial" (Doluschitz, 1992:193/194). Fuchs & Schanzenbacher (1992) schatten de graanopbrengst als een kwadra-

tische functie van stikstof en pesticiden, waarbij ook de interactie tussen stikstof en pesticiden wordt meegenomen.

In tegenstelling tot de agronomie, wordt in de economische wetenschap niet gewerkt met bepaalde wetmatigheden die wijzen in de richting van specifieke functionele verbanden. "The range of possible alternative functional forms is practically limitless but choice is restricted by the availability of estimation procedures" (Goldberger, 1968). Cobb-Douglas-productiefuncties en andere Constant-Elasticity of Substitution (CES) functies zijn gemakkelijk te hanteren door onderzoekers, maar zijn daarom nog niet automatisch het meest geschikt als functievorm. Steeds meer wordt er gewerkt met functievormen die minder strak zijn in de modellering van het productieproces. Flexibele functievormen, zoals bijvoorbeeld de translog-functie en de kwadratische functie, worden in toenemende mate gebruikt.

De algemene conclusie ten aanzien van functievormen is dat zowel door agronomen als door economen een veelheid aan functies wordt gebruikt. Het gaat steeds om kromlijnige verbanden, die afnemende meeropbrengsten representeren en die de mogelijkheid in zich hebben om eventueel aanwezige substitutiemogelijkheden tussen inputs weer te geven. Theoretische aanknopingspunten zijn er wel, maar in concrete situaties blijkt dan weer de ene dan weer de andere functievorm beter te "passen". Verschillen in functievorm hoeven niet noodzakelijkerwijs te leiden tot verschillen in analyse-resultaten, maar enkele voorbeelden in de literatuur duiden erop dat voorzichtigheid geboden is. Algemene of flexibele functievormen hebben daarom de voorkeur. Daarbij is het zaak om zoveel mogelijk alle relevante inputs in hun onderlinge verband mee te nemen. Een functie die het verband aangeeft tussen alleen stikstof en de graanopbrengst kan een goede weergave geven van de gewasrespons, indien er (à la Von Liebig) geen substitutie-mogelijkheden tussen stikstof en pesticiden zijn. Maar ook dan nog geldt dat de inzet van pesticiden de respons van het gewas op stikstof kan beïnvloeden, namelijk doordat het productieplafond en de daarbij behorende mate van afnemende meeropbrengsten mede bepaald wordt door de inzet van pesticiden. Bij het berekenen van de effecten van veranderende economische omstandigheden op de inzet van stikstof moet daarom rekening worden gehouden met de aanpassingen in de hoeveelheden pesticiden. Een expliciete modellering van het afzonderlijke effect van pesticiden en van de interactie met stikstof geniet echter de voorkeur.

## **2.8 Produktiefuncties en technische vooruitgang**

In de vorige paragrafen is het dynamische aspect van produktiefuncties niet sterk aan bod gekomen. Input/output-relaties hebben meestal betrekking op specifieke productie-omstandigheden in een specifieke situatie met een specifieke inzet van overige produktiefactoren. Bij ieder bodemtype, iedere weersomstandigheid, iedere combinatie van inzet van overige produktiefactoren, iedere stand van de techniek en dergelijke hoort een andere input/output-relatie.

Een belangrijk punt in de discussie waar het gaat om de gevolgen van prijsverhoudingen voor de inzet van produktiemiddelen, is de verschuiving van produktiefuncties in de loop van de tijd als gevolg van technische ontwikkelingen. Daarbij is het van belang te weten in hoeverre er een relatie is tussen de economische omgeving (met name de prijzen) en de snelheid waarmee de techniek voortschrijdt. Kunnen de trends uit het verleden doorgetrokken worden naar de toekomst - rekening houdend met absolute produktieplafonds - of zal een ander EU-prijs- en inkomensbeleid tot een vertraging van de technische ontwikkeling leiden?

In de economische literatuur wordt in toenemende mate duidelijk gemaakt dat technische ontwikkeling geen autonoom proces is, maar beïnvloed wordt door de economische en institutionele omgeving waarin produktieprocessen zich afspelen (Dosi et al., 1988). Hayami & Ruttan (1985) hebben het begrip "induced innovation" een grote bekendheid gegeven binnen de landbouweconomie.

Rutten (1989) heeft zich gebogen over de vraag wat de rol van prijzen is met betrekking tot de technische ontwikkeling in de landbouw. Hij komt tot de volgende conclusie: "The relationship between prices and technical change cannot be assessed as easily as one might wish. Prices do matter, but a) within a certain range of price movements other variables determine the rate and direction of technical change; b) their influence is differentiated along the several elements of the complete process of innovation (e.g., they act upon invention in a different way than they do upon diffusion); c) these prices in their turn undergo the influence of technical change".

Hoewel de "induced innovation hypothesis" zijn invloed sterk laat gelden in de literatuur, blijkt het moeilijk om in beeld te brengen hoe de wisselwerking tussen economie, instituties en technische vooruitgang plaatsvindt. De Haen en Zimmer (1990) laten zien hoe wetgeving op het terrein van bemesting en gewasbeschermingsmiddelen leidt tot specifieke vormen van technische ontwikkeling. Rutten (1992) geeft "a test of two induced-innovation-hypotheses". Hij laat onder andere zien dat het kunstmest- en pesticidengebruik per hectare in de loop van de tijd toeneemt doordat de prijsverhouding tussen grond en de betreffende inputs zich ten nadele van grond heeft ontwikkeld en doordat de prijsverhouding arbeid/grond is gestegen.

Kuroda (1987) heeft voor Japan een studie uitgevoerd waarin de ontwikkeling in de tijd van de inzet van produktiefactoren in de landbouw wordt verklaard. De verandering in de aandelen van de diverse produktiefactoren wordt via een "decomposition analysis" opgesplitst in drie effecten: het schaafeffect, het substitutie-effect en het effect van ("biased") technische ontwikkelingen. Waar het gaat om de verdringing van arbeid door andere produktiefactoren blijken alle drie effecten duidelijk aanwezig, zij het dat het substitutie-effect (prijsverhoudingen) domineert. De technische ontwikkeling is "labor-saving and machinery and intermediate inputs-using". Kuroda (1987:335) concludeert: "These biases of technical change are consistent with the induced-innovation hypothesis. It appears that both

agricultural research agencies and farmers were responsive to changes in the relative prices of factor inputs over time".

De vele studies die er verricht zijn op het terrein van het meten van technische vooruitgang zijn echter wel sterk kwantitatief gericht. "... es gibt bis jetzt keinen befriedigenden Weg, Qualitätsveränderungen des Outputs in die Messung des landwirtschaftlichen Produktivitätszuwachses einzubeziehen. Derartige Veränderungen könnten die geschätzten Auswirkungen des technischen Fortschritts signifikant beeinflussen" (Michalek, 1990).

Nelson & Winter (1977) leggen sterke nadruk op het begrip "technologie-traject" om aan te duiden dat technische ontwikkeling zich gedurende een bepaalde periode langs min of meer dezelfde lijnen voltrekt op basis van een bepaald technologisch paradigma. Bij ingrijpende veranderingen in de omgeving waarin de technologie functioneert, zullen bestaande technologische trajecten onvoldoende oplossingen kunnen aanbieden en treden er trendbreuken op in de technische ontwikkeling. Hutten & Rutten (1990) concluderen dat de huidige milieuproblemen in de landbouw vragen om een nieuw technologie-traject. Ze waarschuwen daarom voor het zondermeer doortrekken van trends in de technische ontwikkeling zoals die in de afgelopen decennia heeft plaatsgevonden.

Het blijkt niet zo eenvoudig te zijn om te bepalen hoe economische en institutionele omstandigheden inwerken op de technische ontwikkeling. Daarbij blijkt het gemakkelijker te zijn om conclusies te trekken over de aard en omvang van verschuivingen tussen inputs, dan over het tempo waarin de technische ontwikkeling zich voltrekt. Inzicht in het tempo en de aard van de technische ontwikkeling is in het kader van dit onderzoek van belang om de lange-termijnontwikkelingen ten aanzien van de inzet van inputs en de daarbij behorende outputs en milieu-effecten te kunnen inschatten. Met name de veranderingen in het groeitempo onder invloed van gewijzigde prijsverhoudingen is daarbij relevant.

De Wit (1992) benadrukt dat de technische ontwikkeling de dominante factor is waar het gaat om de ontwikkeling van de hectare-opbrengsten en het inputniveau. Hij ontkent niet dat er op een bepaald moment sprake is van afnemende meeropbrengsten - waardoor prijsverhoudingen wel enige invloed hebben op het outputniveau - maar hij vindt dat daar niet te veel aandacht aan besteed moet worden, omdat dit effect in het niet zou vallen bij de effecten van technische ontwikkeling. Het is belangrijk om deze twee effecten goed uit elkaar te houden. Figuur 2.2 geeft aan wat er aan de hand is.

Figuur 2.2 geeft vier input/output-relaties die het verband tussen N-input en output geven op vier tijdstippen die verschillen met betrekking tot de stand van de techniek. Gegeven de prijsverhoudingen en gegeven winst-maximalisatie kiest de producent voor de aangegeven punten op de productiefuncties. Het verbruik van N per hectare neemt toe, maar het verbruik per kg (de richtingscoëfficiënt van de lijn vanuit de oorsprong door de betreffende punten) neemt af.

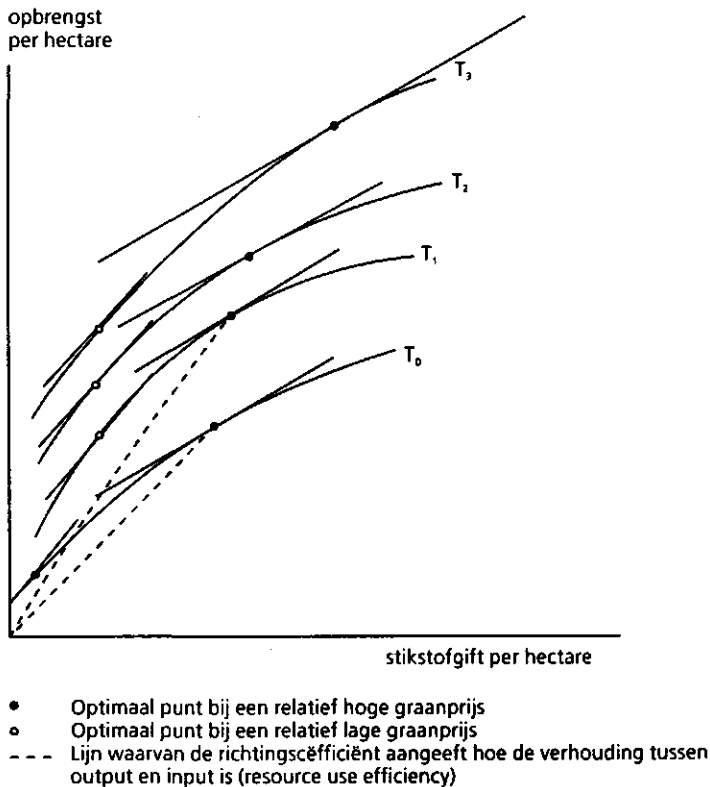
Door de technische ontwikkeling wordt een steeds hoger produktieniveau per hectare bereikt. Dat betekent echter niet dat er aan het produktie-

niveau en het inputniveau per hectare niets te sturen zou zijn door prijsverhoudingen. Zou de outputprijs in alle jaren de helft zijn geweest van wat nu is verondersteld, dan zou de helling van de raaklijnen steiler zijn en was in alle vier jaren gekozen voor een lager produktieniveau. Het hangt dus van de specifieke vorm van de input/output-relatie en van het tempo van de technische ontwikkeling af in hoeverre verschuivingen langs de responscurve slechts een marginaal of een meer substantieel effect hebben.

Hoewel de weergave in figuur 2.2 sterk leunt op de theorie van Liebscher, geldt dit verhaal ook voor het deel van Von Liebig-produktiefuncties waar sprake is van afnemende meeropbrengsten.

De Wit (1992) geeft aan dat er in de loop van de tijd helemaal geen sprake is van afnemende meeropbrengsten. Hij constateert bijvoorbeeld dat er per kg tarwe zelfs steeds minder stikstof nodig is. Dat hangt samen met de gedachte dat de produktiefunctie in de loop van de tijd volgens een Liebscher-patroon verschuift. Geredeneerd vanuit resource use efficiency is dat uiteraard zeer positief. Door de technische ontwikkeling bestaat de mogelijkheid om een vaste hoeveelheid tarwe met steeds minder stikstof te produceren. Dit betekent echter niet - en dat zegt De Wit (1992) overigens zelf ook - dat de hoeveelheid stikstof per hectare in de loop van de tijd afneemt.

De Wit (1992) suggereert dat het vanuit het oogpunt van het grondstoffengebruik en het milieu het beste is om zoveel mogelijk alle produktiefactoren optimaal beschikbaar te stellen. Concentratie van de produktie op een klein areaal onder optimale produktieomstandigheden zou daarom te prefereren zijn. In Elhorst en Van der Meer (1993) wordt deze conclusie bestreden. Zowel het totale stikstofoverschot als de verdeling van dit overschot over verschillende verliesposten kunnen toenemen bij toenemende technische efficiency. Gepleit wordt voor een benadering met behulp van emissiefuncties, omdat produktiefuncties maar een deel van het verhaal vertellen. Vanuit economisch gezichtspunt is het overigens de vraag wat de relevantie van resource use efficiency in absolute en relatieve zin is. Niet alleen een "zuinig" gebruik van stikstof, pesticiden en dergelijke is van belang, maar ook de inzet van grond, arbeid en kapitaal moeten in beschouwing worden genomen. Prijsverhoudingen tussen produktiefactoren geven iets aan van de schaarste van produktiefactoren. Optimaliteit vanuit de economische optiek is iets anders dan het minimaliseren van de (fysieke) input per eenheid produkt. Resource use efficiency, economische efficiency en milieu-efficiency hebben alle drie hun relevantie, maar ze zijn wel alle drie gerelateerd aan een andere probleemstelling. Voor een producent is economische efficiency de belangrijkste bepalende factor. Resource use efficiency en milieu-efficiency gaan voor de producent een rol spelen als bijvoorbeeld de prijs van energie of van stikstof gaat stijgen vanwege energieschaarste of milieuvervuiling of als regelgeving het gebruik beperkt.



*Figuur 2.2 Input/output-relaties bij technische ontwikkeling*

In hoofdstuk 5 wordt de technische ontwikkeling bij de tarweteelt in Nederland besproken. Daarbij wordt inzicht gegeven in de groei van de hectare-opbrengsten over een langere periode en wordt nagegaan hoe het verband is met de inzet van variabele inputs. Daaruit ontstaat een beeld over het tempo van de groei van de hectare-opbrengsten op langere termijn. Confrontatie van deze groei met een mogelijke eenmalige verlaging van het outputniveau door minder gunstige prijsverhoudingen, geeft aan in hoeverre korte-termijnaanpassingen in input- en outputniveaus inderdaad in het niet vallen bij de lange-termijntrends in de inzet van inputs en in de bijbehorende outputs. Ook het aspect van de lange-termijnontwikkeling in de hoeveelheid input per eenheid output zal daar besproken worden.

## 2.9 Conclusies

Het gedrag van producenten in de landbouw kan op twee manieren in beeld gebracht worden. In de eerste plaats via optimalisering van de inzet van inputs, gegeven technische produktiefuncties en in de tweede plaats via econometrische schattingen die de inzet van inputs rechtstreeks relateren aan prijzen en andere factoren.

In dit onderzoek wordt gekozen voor de optimaliseringsbenadering, omdat niet alleen economische effecten in kaart gebracht moeten worden, maar ook milieu-effecten. Laatstgenoemde effecten zijn sterk gerelateerd aan de produktiefuncties en zijn eenvoudiger te bepalen op basis van een technische beschrijving van het produktieproces dan op basis van globale econometrische relaties voor aangekochte inputs. Bovendien is de optimaliseringsbenadering meer geschikt om situaties door te rekenen die sterk afwijken van wat zich in het verleden voordeed.

Over het functionele verband waaraan de produktiefuncties moeten voldoen en over de wijze waarop deze functies in de loop van de tijd verschuiven, zijn geen eenduidige conclusies uit de literatuur te trekken. In de praktijk wordt meestal gewerkt met functies waarbij de mogelijkheid tot substitutie wordt meegenomen, evenals eventuele afnemende meeropbrengsten bij een toename van inputs. Vaak wordt met kwadratische functies gewerkt. Daar wordt in dit onderzoek ook voor gekozen.



### **3. DE EFFECTEN VAN GEWIJZIGDE PRIJSVERHOUDINGEN OP DE GRAANTEELT IN NEDERLAND**

#### **3.1 Inleiding**

Dit hoofdstuk begint met een literatuuroverzicht van Nederlands en Europees onderzoek, om zo een beeld te schetsen van het onderzoek dat is en wordt verricht naar de relatie tussen marginale opbrengsten en marginale kosten bij de produktie van granen.

Vervolgens worden in paragraaf 3.3 empirische schattingen van de input/output-relatie van granen in Nederland gepresenteerd en worden berekeningen gemaakt over de invloed van veranderende prijsverhoudingen op de optimale inzet van variabele inputs. De data voor dit onderzoek zijn afkomstig uit het LEI-Boekhoudnet, een steekproef van ruim duizend bedrijven die samen een zeer groot deel van de Nederlandse landbouw beschrijven (Boers et al., 1994). Paragraaf 3.4 behandelt de geïntegreerde graanteelt in Nederland. De verschillen met de gangbare graanteelt worden beschreven en er wordt aangegeven wat de effecten van veranderende prijsverhoudingen zullen zijn. In paragraaf 3.5 worden de milieubelasting van de graanteelt en de effecten van veranderende prijsverhoudingen op het milieu beschreven. Het hoofdstuk wordt afgesloten met conclusies en discussie.

#### **3.2 Literatuuronderzoek**

##### **3.2.1 Een historisch overzicht van het graanonderzoek in Nederland**

In Nederland kan het graanonderzoek verdeeld worden in een vijftal onderzoeksterreinen, te weten (Spiertz, 1988):

- a. gewasecologisch en -fysiologisch onderzoek;
- b. veredelings- en genetisch onderzoek;
- c. gewasbeschermingsonderzoek;
- d. bemestingsonderzoek;
- e. teeltonderzoek;
- f. bedrijfssystemenonderzoek.

Het gewasecologisch en -fysiologisch onderzoek was in het verleden sterk gericht op een vergroting van de produktie per hectare. De ontwikkeling van de Feekesschaal (1941) en de kennis over drogestofproduktie en de stikstofhuishouding in de plant zijn voorbeelden van dit onderzoek. Thans wordt dit soort onderzoek gedaan op onder andere het AB-DLO en de LUW-vakgroep Theoretische Produktie Ecologie.

Het veredelings- en genetisch onderzoek richt zich de laatste jaren vooral op ziekteresistentie en kwaliteit van de korrel. In het verleden heeft het veredelingsonderzoek daarentegen een grote invloed gehad op de verhoging van de produktie per hectare.

Het bemestingsonderzoek en het gewasbeschermingsonderzoek zijn gericht op directe opbrengstverhoging, resp. indirecte opbrengstverhoging via reductie van schadelijke invloeden. Het bemestingsonderzoek in de graanteelt houdt zich bezig met het bemestingsadvies (voornamelijk stikstof), het stikstofleverend vermogen van de bodem en de verdeling van de stikstofgift over het groeiseizoen. Het gewasbeschermingsonderzoek behandelt onderwerpen als de werking van een middel, de dosering, de toepassingsmethode en de schade aan het gewas.

Het teeltonderzoek kijkt naar de teelt van granen als geheel. Het maakt gebruik van de andere typen onderzoek en richt zich onder andere op zaaizaadkeuze, zaaitijdstip, en zaaidichtheid.

Het bedrijfssystemenonderzoek is enerzijds gericht op teeltoptimalisatie (opbrengst en saldo) en anderzijds op minimalisatie van nadelige effecten op natuur en milieu. Met een verminderde input wordt geprobeerd een zodanige opbrengst te verkrijgen dat het saldo vergelijkbaar is met de gangbare landbouw en het milieu-effect zo klein mogelijk is.

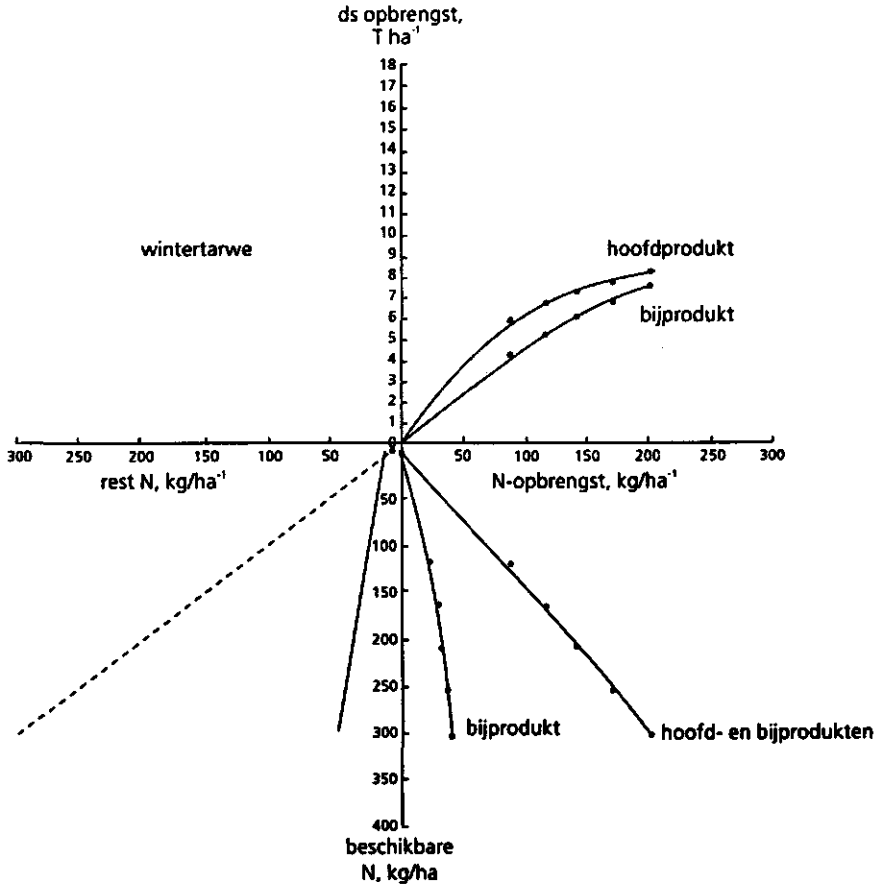
Het is moeilijk aan te geven met welk type onderzoek welke vooruitgang geboekt is. De Verenigde Naties (United Nations, 1989) geven aan dat de groei per hectare in Europa voor 34 - 50% te danken is aan de introductie van nieuwe variëteiten, voor 30 - 35% aan het gebruik van meststoffen en voor 25 - 30% aan het gebruik van pesticiden en groeiregulators. Deze percentages worden echter niet onderbouwd. In hoofdstuk 5 wordt verder ingegaan op de produktiegroei per hectare op langere termijn en op de rol van variabele inputs daarbij.

### 3.2.2 Technische input/output-relaties

Twee belangrijke factoren ter verklaring van het opbrengstniveau per hectare graan, zijn de inzet van stikstof en gewasbeschermingsmiddelen per hectare. In deze subparagraaf zal een beschrijving worden gegeven van pogingen die ondernomen zijn om het verband tussen deze twee inputs en de gewasopbrengst te kwantificeren.

In het kader van het bemestingsonderzoek dat zich richt op de aspecten van bemesting en opname van nutriënten in relatie tot de opbrengst, zijn functies geschat die het verband tussen opbrengst en N-opname en tussen opbrengst en N-bemesting weergeven. Het PAGV (Haenen, 1987) komt tot een optimale relatie tussen opbrengst en stikstofgift van 25 kg stikstof per 1.000 kg opbrengst (verhouding 1:40). Deze adviesgift is inclusief de stikstof voorradig in de bodem en de stikstof uit mineralisatie. Van Keulen (1982) komt voor de relatie tussen opbrengst en opname tot een lineair verband: de opname van 1 kg extra stikstof geeft een extra opbrengst van ongeveer 70 kg wintertarwe in Nederland. Deze input/output-verhouding geldt voor de N-opname tot en met de groeifase van wintertar-

we. Wordt daarentegen ook de N-opname in de korrelvullingsfase en -rijpingsfase in beschouwing genomen, dan geldt over het gehele groeitraject dat 1 kg extra N-opname een extra opbrengst van 42,5 kg graan geeft. De stikstof die na de groeifase wordt opgenomen, genereert weinig extra kg-opbrengst maar beïnvloedt wel het N-gehalte in het gewas.



**Figuur 3.1** Relaties tussen de beschikbare minerale bodem-N en de totale N-opname en de N-opname in het bijprodukt (kwadrant rechtsonder), de relatie tussen de totale N-opname en de drogestofopbrengst van het hoofdprodukt en het bijprodukt (kwadrant rechtsonder), de relatie tussen de beschikbare minerale bodem-N na de oogst (linksonder)

Bron: Schroder et al. (1993).

De verhouding tussen de beschikbare N (N-gift, depositie en mineralisatie) en de N-opname wordt de "recovery" genoemd. Deze wordt bepaald door het verlies van stikstof door denitrificatie, vervluchtiging en uitspoe-

ling. Verschillen in bodemkwaliteit, weersomstandigheden en toedieningsmethode beïnvloeden deze verhouding. Dit betekent dat de relatie tussen de stikstofbemesting en de opbrengst per hectare overal verschillend zal zijn.

In figuur 3.1 worden de relaties tussen gewasopbrengst, N-opbrengst (= N-opname), N-beschikbaar en N-rest weergegeven (Schröder et al., 1993). Onder N-rest wordt de hoeveelheid minerale N verstaan die na de oogst in de bodem aanwezig is. In het kwadrant rechtsonder wordt de recovery weergegeven, terwijl in het kwadrant rechtsboven de niet-lineaire relatie tussen de opbrengst van wintertarwe en de N-opname is getekend. Er is sprake van een afnemende meeropbrengst van wintertarwe bij een oplopende N-opname. Bij een beschikbare hoeveelheid stikstof van ongeveer 170 kg is de opname door het hoofd- en bijproduct ongeveer 120 kg N. De opbrengst van wintertarwe is dan zo'n 6,5 ton droge stof per hectare. Verondersteld is dat de resterende stikstof die in de bodem achterblijft, lineair is met de beschikbare hoeveelheid stikstof. De N-recovery van wintertarwe is in dit onderzoek ongeveer 65% en geldt voor het traject van 0-300 kg beschikbare stikstof, onafhankelijk van de beschikbare stikstof.

Niet-lineaire relaties tussen de opbrengst en de stikstofgift zijn ook geschat door Besseling et al. (1988). Met behulp van een kwadratische regressie-analyse zijn voor het gewas wintertarwe twee produktiefuncties geschat, namelijk een steile (locatie Rijsenhout) en een vlakke (locatie Dronten) functie.

$$\text{Rijsenhout: } Y = 66,0 + 0,27 \cdot N - 0,00071 \cdot N^2 \quad (3.1)$$

$$\text{Dronten: } Y = 37,5 + 0,35 \cdot N - 0,00082 \cdot N^2 \quad (3.2)$$

waarbij:  $Y$  = opbrengst per hectare (100 kg)  
 $N$  = N-bemesting per hectare (kg zuivere stikstof)

De produktiefunctie voor de locatie Dronten heeft in het relevante traject een steiler verloop dan die voor de locatie Rijsenhout. In het geval van Dronten reageert de opbrengst per hectare dus sterker op de N-gift dan in Rijsenhout, waarbij opgemerkt moet worden dat de relatie voor Dronten niet significant van nul verschilt. Hierbij is de beschikbare stikstof (dus inclusief N-mineralisatie.) in beschouwing genomen. In deze studie is de produktie gecorrigeerd voor ras, weersinvloeden per jaar, en drogestofgehalte van de korrel. Aangenomen is dat de overige groeiomstandigheden optimaal zijn. Met de verdeling van de N-gift over het groeiseizoen is geen rekening gehouden.

Schijf (1988) beschrijft een studie die is uitgevoerd in Duitsland. Hij geeft een achttal produktiefuncties van wintertarwe (zie tabel 3.1), namelijk twee verschillende groeiomstandigheden (gunstig en ongunstig) en vier verschillende niveaus van gewasbescherming. De gehanteerde functievorm is:

$$Y = aN^2 + bN + c \quad (3.3)$$

waarbij: Y = opbrengst per hectare (ton)

N = N-bemesting per hectare (kg zuivere stikstof)

De kwaliteit van de groeiomstandigheden en het verbruik van gewas-beschermingsmiddelen wordt dus niet in de produktiefunctie als zodanig meegenomen, maar met het verschil in reactie van wintertarwe op stikstof bij verschillen in overige produktie-omstandigheden wordt wel expliciet rekening gehouden.

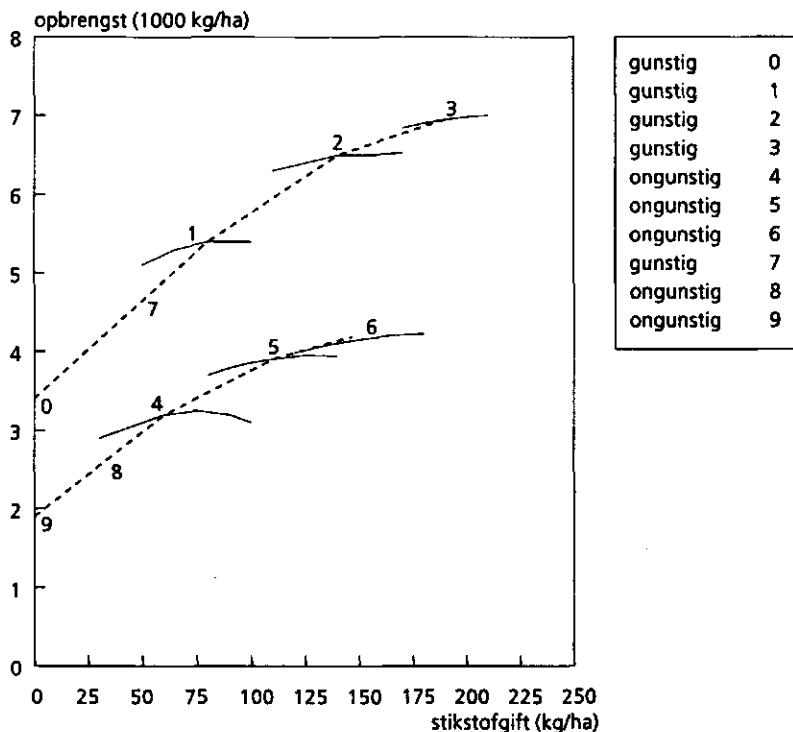
De basisfunctie (actueel bemestings-, gewasbeschermings- en opbrengstniveau (3,6)) is niet geschat, maar berekend op basis van praktijkgegevens over opbrengst bij een bepaalde N-gift en gegevens over de opbrengst bij een stikstofgift van nul. Verondersteld is dat de praktijkgegevens een economisch optimaal punt op de produktiefunctie weergeven.

Tabel 3.1 Produktiefuncties voor wintertarwe voor Duitsland

Niveau	Input/output-niveau			Coëfficiënten produktiefunctie		
	opbrengst (ton/ha)	N (kg)	gewasbe- scherming (DM/ha)	$a \cdot 10^{-4}$ (zie vergelijking 3.3)	$b \cdot 10^{-1}$	c
Gunstige groeiomstandigheden:						
0	3,4	0	0	0	0	3,4
1	5,4	80	160	-1,81	0,33	3,9
2	6,5	140	270	-1,03	0,33	3,9
3	6,95	190	300	-0,63	0,28	3,9
Ongunstige groei-omstandigheden:						
9	1,9	0	0	0	0	1,9
4	3,2	60	160	-2,13	0,30	2,2
5	3,9	110	210	-1,04	0,27	2,2
6	4,2	150	240	-0,60	0,22	2,2

Bron: Schijf (1988).

Figuur 3.2 geeft de afzonderlijke functies en geeft ook een quasi-produktiefunctie over het gehele N-traject door verbinding van de optimale punten per afzonderlijke functie. Duidelijk is dat niet alleen de maximaal te realiseren produktie toeneemt bij gunstiger wordende omstandigheden, maar dat ook de reactie van het gewas op stikstof (de hellingshoek) toeneemt. Dat sluit aan bij de wet van Liebscher (zie hoofdstuk 2).



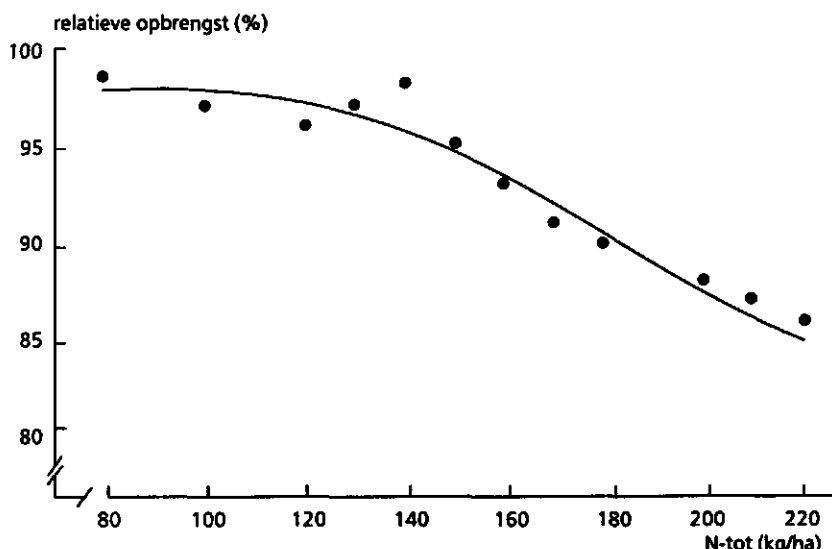
Figuur 3.2 Verband tussen graanopbrengst per hectare en stikstofgift per hectare, in verschillende productie-omstandigheden

Bron: Schijf, 1988.

In het rassenonderzoek in Nederland, dat op verschillende locaties wordt uitgevoerd, worden rassenproeven opgezet waarbij altijd een optie "zonder ziektebestrijding" meegenomen wordt om de resistentie tegen schimmelziektes te bepalen. De opbrengstreductie als gevolg van het nalaten van ziektebestrijding bij gelijke bemestingstoestand, varieert van 10% bij winterrogge tot 22% bij wintertarwe (Vredepeel, 1987).

In Besseling et al. (1988) wordt een opbrengstreductie als gevolg van het nalaten van een groeiregulator en fungicidenbespuiting weergegeven in afhankelijkheid van de stikstofgift (zie figuur 3.3). Bij een hogere bemesting (en dus een hogere opbrengst) is de absolute en relatieve schade aan de opbrengst groter dan bij een lage bemesting. Tot deze conclusie komt ook Rabbinge (1987). Proeven in de jaren zeventig tonen aan dat bij een goede vocht- en nutriëntenvoorziening de opbrengstderving per eenheid schadeverwekker lijkt toe te nemen.

Het niveau van de verschillende produktiebepalende factoren bepaalt dus mede de reactie van een gewas op een specifieke produktiefactor.



*Figuur 3.3 Verband tussen relatieve opbrengst (%) van wintertarwe zonder CCC en fungicidenbespuitingen en stikstofgift + bodemvoorraad (100% = met CCC en fungicidenbespuitingen)*

Bron: Besseling et al. (1988).

Doluschitz (1992) heeft voor Duitsland met behulp van produktiefuncties voor verschillende graansoorten, de effecten ingeschat van graanprijsverlaging en inputprijsverhoging. Hij gebruikt weliswaar een stikstof/graanrelatie, maar houdt bij het berekenen van effecten ook rekening met de inzet van pesticiden op een niveau dat past bij de stikstofinput. De gebruikte produktiefunctie voor wintertarwe is:

$$Y = 35 + 0,35 \cdot N - 0,00077 \cdot N^2 \quad (3.4)$$

waarbij:  $Y$  = opbrengst per hectare (100 kg)

$N$  = N-bemesting per hectare (kg zuivere stikstof)

De produktiefunctie van Doluschitz (1992) en die voor proefvelden in Dronten (zie (3.2)) zijn vrijwel identiek.

Het effect van de gezamenlijke inzet van bemesting en gewasbeschermingsmiddelen en de invloed op de graanopbrengst is onderzocht door Sturm en Becker (1988). Een van de conclusies uit dit Duitse onderzoek is dat het gecombineerde effect van bemesting en gewasbescherming op de opbrengst, groter is dan de som van de afzonderlijke effecten.

Fuchs & Schanzenbächer (1992) schatten produktiefuncties waarbij zowel de N-gift als de inzet van gewasbeschermingsmiddelen de opbrengst van granen bepalen. Produktiefuncties worden geschat voor praktijkdata

van tarwe, mais en gerst in Duitsland, waarbij de volgende functievorm wordt gehanteerd:

$$Y = a + b.N + c.N^2 + d.PS + e.PS^2 + f.N.PS + g.D \quad (3.5)$$

waarin: Y = opbrengst per hectare (100 kg)  
N = N-gift per hectare (kg)  
PS = gewasbeschermingskosten per hectare (Duitse mark)  
D = dummy voor het jaar

De schattingsresultaten staan in tabel 3.2.

*Tabel 3.2 Coëfficiënten van de produktiefuncties (zie vergelijking 3.5) van drie graansoorten in Duitsland (tussen haakjes de t-waarden)*

Graan	C	N	N <sup>2</sup> (.E <sup>-3</sup> )	PS	PS <sup>2</sup> (.E <sup>-3</sup> )	N.PS (.E <sup>-3</sup> )	D87	D88	D89
Tarwe	35,02 (8,3)	0,15 (4,4)	-0,41 (-5,0)	0,02 (1,1)	-0,011 (-0,4)	0,13 (1,9)	-5,67 (-4,1)	0,32 (0,2)	4,06 (2,5)
Mais	50,55 (5,6)	0,11 (1,6)	-0,21 (-1,4)	0,13 (2,0)	-0,63 (-2,2)	-	8,57 (2,3)	14,73 (4,1)	19,10 (4,0)
Gerst	40,80 (8,1)	-	-	-	-0,45 (-3,8)	1,5 (5,9)	-6,62 (-1,3)	-0,73 (-0,2)	-7,68 (-1,5)

Bron: Fuchs & Schanzenbächer, 1992.

Bij tarwe blijkt de invloed van de inzet van gewasbeschermingsmiddelen nauwelijks significant aan te tonen omdat de t-waarden klein zijn. Bij geen van de drie gewassen kunnen alle coëfficiënten in de uitgebreide specificatie significant geschat worden. Bij gerst is er wel een significante coëfficiënt voor N\*PS, maar omdat de factor "N" niet is meegenomen, is het "stikstof-effect" in de term N\*PS meegenomen.

In deze studie is overwogen om een onderscheid te maken in de gewasbeschermingsmiddelen naar de produktgroepen: herbiciden, fungiciden, insecticiden en overig. De R-kwadraat van de functie van tarwe verbetert hierdoor van 0,44 naar 0,52. De produktiefunctie wordt echter complexer en verandert niet wezenlijk ten opzichte van de functie waarbij de gewasbeschermingsmiddelen als totaal genomen worden.



### 3.2.3 Economische analyse

Gegeven een technische input/output-relatie (produktiefunctie) en gegeven de doelstelling van de ondernemer, kan bepaald worden welke input/output-combinatie economisch optimaal is.

In de studie van Schijf (1988) wordt het bedrijfssaldo gemaximaliseerd onder veranderende prijzen van produktiemiddelen (heffing op kunstmest). Het bedrijfssaldo wordt bepaald door het saldo en het aandeel in het bouwplan van de afzonderlijke gewassen. Met behulp van de produktiefuncties die zijn weergegeven in figuur 3.2 worden voor verschillende verhoudingen tussen opbrengstprijzen en inputprijzen optimale bemestings- en opbrengstniveaus berekend.

Enkele resultaten zijn:

- bij een geringe verhoging van de stikstofprijs (+0,5 DM/kg) verandert er niets aan de inzet van inputs, wel aan het bouwplan en het bedrijfssaldo. Het optimale bouwplan verandert als gevolg van veranderende saldi van de afzonderlijke gewassen. Deze gewasspecifieke saldi veranderen als gevolg van de hogere stikstofprijs;
- een verdubbeling van de stikstofprijs (+1,5 DM/kg) leidt niet tot een verdere bouwplanverandering of een verandering in de inzet van inputs, wel tot saldodaling;
- een forse verhoging (+ 3 DM/kg stikstof) leidt tot een minder intensieve teelt van granen per hectare en tot bouwplanverandering (meer veldbonen; substitutie van N-kunstmest naar N-organische mest);
- een verdere verhoging van de stikstofprijs leidt tot minder graan in het bouwplan ten gunste van veldbonen en een extensievere teelt.

In Besseling (1988) zijn op basis van de produktiefuncties een aantal teeltvarianten, met bijbehorende input/output-verhoudingen gekozen. Vervolgens zijn deze activiteiten ingepast in een LP-model met een standaardbouwplan dat geldt voor de Flevopolders. Enkele resultaten met betrekking tot veranderende prijsverhoudingen tussen inputs en outputs zijn:

- een heffing op kunstmest: het bouwplan verandert niet (de stikstofbinders worden al maximaal in het bouwplan opgenomen). Een verviervoudiging van de prijs van stikstof geeft een aanzienlijke daling van de N-gift met 17 - 25%. De produktie daalt echter slechts met 10% en het fungicidenverbruik daalt met 30%;
- een heffing op fungiciden van 150% heeft een 25% lager verbruik tot gevolg, terwijl de inzet van stikstof vermindert met ruim 10%. De produktie daalt met 10%;
- een prijsverlaging van graan: een prijsverlaging met 30% (van 45 cent naar 31,5 cent per kg) leidt tot een lager verbruik van inputs (-10% N-gift en -30% fungiciden) en als gevolg daarvan tot een 10% lagere produktie/ha.

Bouma en Krikke (1992) beschrijven een aantal mogelijkheden om door middel van kostenverlaging (minder inputs) de inkomensdaling als gevolg van de verlaging van de graanprijs door de Mac Sharry-besluiten op te vangen. De saldi van drie extensiveringsvormen (verschillen in inzet van

meststoffen en pesticiden (voornamelijk fungiciden) en bijbehorende opbrengst) worden voor vier regio's vergeleken met de saldi van de huidige teelten bij doorvoering van het Mac Sharry-beleid. De saldi van extensieve teelten zijn gebaseerd op proefveldgegevens. Het uitgangspunt is dat een graanteler zijn bedrijfssaldo (of netto-bedrijfsresultaat) maximaliseert en dat de vaste kosten gelijk blijven.

De resultaten zijn als volgt samen te vatten. De teelt van gerst (met name brouwergerst) wordt aantrekkelijker in alle regio's mits de klimatologische omstandigheden daarvoor optimaal zijn. De extensieve teelten van wintertarwe zijn in drie van de vier gevallen niet aantrekkelijker dan de gangbare teelt van wintertarwe. De extensieve teelt van zomertarwe geeft in de meeste regio's wel een hoger saldo dan de gangbare variant. De besparing op inputs is groter dan de reductie in de opbrengst. Opgemerkt moet worden dat deze gegevens uit proefvelden verkregen zijn en dat in de praktijk de opbrengsten en kosten tussen bedrijven heel sterk kunnen variëren.

In Fuchs & Schanzenbächer (1992) wordt de invloed van een prijsverlaging van graan en van heffingen op kunstmest en gewasbeschermingsmiddelen berekend, uitgaande van een vast bouwplan. Een prijsverlaging voor graan van 0,40 DM naar 0,25 DM heeft tot gevolg dat de N-gift met 50% daalt, terwijl de inzet van gewasbeschermingsmiddelen nog fors daalt. Het belasten van de prijs van stikstof met 200% geeft een 30% lager verbruik van stikstof in de tarweteelt. De produktie daalt met 6%. Het belasten van gewasbeschermingsmiddelen voor de teelt van wintertarwe met 50% reduceert het verbruik tot nul. De produktie daalt daarbij tot 36%. Daarbij moet wel aangetekend worden dat de coëfficiënten die het effect van de inzet van gewasbeschermingsmiddelen op de opbrengst per hectare weergeven, niet significant van nul verschillen (tabel 3.2) en dat de waarde van deze resultaten dus zeer beperkt is.

Het Centrum voor Landbouw en Milieu (Terwan en Wesselo, 1990) concludeert in een literatuurstudie dat prijsverlaging van granen niet tot extensivering leidt; hoge heffingen op inputs en quotering van stikstof kunnen wel leiden tot extensivering van de graanproduktie.

De conclusie van Doluschitz (1992) is dat een verlaging van de graanprijs van 0,41 DM tot 0,25 DM de optimale stikstofgift bij wintertarwe weliswaar enigszins verminderd, van 185 kg/ha tot 170 kg/ha, maar dat het optimale produktieniveau slechts terugloopt van 7,3 ton tot 7,2 ton graan. Het saldo loopt terug van 1.800 DM tot 650 DM. Het stikstofoverschot - gedefinieerd als het verschil tussen stikstofgift en gewasopname - loopt daarbij terug van 41 kg/ha tot 28 kg/ha. Door een iets verminderde N-opname door het gewas is deze vermindering iets kleiner dan de vermindering in de N-gift.

Veel verdergaande reducties in stikstofgift en stikstofoverschot zijn te realiseren door een verhoging van de stikstofprijs. Een verdubbeling van de stikstofprijs bij gelijkblijvende pesticidenprijs, heeft ongeveer hetzelfde effect op de produktie-intensiteit als een graanprijsverlaging tot 0,25 DM. Het bijbehorende saldo blijft echter op peil met een niveau van 1.650 DM. Een

verviervoudiging van de stikstofprijs reduceert het stikstofoverschot tot bijna nul door een optimale stikstofinput van 140 kg N/ha en een bijbehorend produktieniveau en saldo van respectievelijk bijna 7,0 ton en 1.350 DM. De eigen prijselasticiteit en de stikstofprijselasticiteit van wintertarwe is dus zeer laag. De eigen prijselasticiteit en de graanprijselasticiteit van stikstof is iets groter (0,1 à 0,3).

Uit de analyse wordt ook duidelijk dat "extensieve" graansoorten als haver en rogge bij lagere graanprijzen en hogere inputprijzen hun concurrentiepositie ten opzichte van wintertarwe verbeteren.

England (1986) maakt gebruik van een "modified exponential form" voor de produktiefunctie die het verband aangeeft tussen de inzet van stikstof en de graanopbrengst voor de graanteelt in het Verenigd Koninkrijk. De inzet van pesticiden wordt via een vuistregel geïntroduceerd: iedere kg N boven het niveau van 66 kg N/ha vraagt een inzet van pesticiden ter waarde van 0,30 Engelse ponden. Geconcludeerd wordt dat de graanopbrengsten per hectare nauwelijks reageren op prijsveranderingen van stikstof en graan. De eigen prijselasticiteit van stikstof wordt geschat op 0,1. Ook hier is weer de conclusie dat "at field level, a change in the price of fertilizer would have a much greater impact on N use and yields than the reduction on grain price which gives the same loss in gross margin".

Berekeningen op bedrijfsniveau, waarbij er mogelijkheden tot bouwplanwijziging zijn, geven een iets hogere reactie van input en output op prijsveranderingen weer, maar de elasticiteiten blijven laag. De mogelijkheden om naar andere gewassen over te schakelen zijn beperkt.

Becker & Gyuomard (1992) hebben een analyse op regionaal niveau binnen de EU uitgevoerd, om te achterhalen wat de effecten van veranderingen in prijsverhoudingen zijn. Op basis van econometrische schattingen concluderen ze dat de eigen prijselasticiteit van kunstmest en graan beide gemiddeld voor de EU, ongeveer 0,5 bedragen. Er zijn lichte verschillen tussen landen. Geconcludeerd wordt dat de prijsverlagingen in het kader van de recente hervorming van het EU-landbouwbeleid nauwelijks bijdragen aan de vermindering van stikstof-, fosfor- en kali-overschotten. In de huidige situatie bedraagt het stikstofoverschot in de akkerbouw in de EU 54 kg N/ha, terwijl het nieuwe EU-landbouwbeleid dat terug zou kunnen dringen tot 44 kg N/ha. Een heffing van 50% op kunstmest of op mineralen is veel effectiever. Dan resulteert een stikstofoverschot van ongeveer 10 kg N/ha, bij een veel geringere teruggang in inkomen.

### 3.2.4 Conclusies

De gevonden produktiefuncties zijn voornamelijk gebaseerd op experimentele data (behalve die van Fuchs & Schanzenbächer (1992)). Een opmerking hierbij is dat voor de Nederlandse situatie weinig literatuur over input/output-relaties van granen voorhanden is.

In het algemeen zijn kwadratische input/output-relaties geschat, alle complexe functievormen en wetmatigheden die in hoofdstuk 2 zijn besproken ten spijt. De schattingsresultaten laten een afnemende meeropbrengst

bij hogere stikstofgiften zien. De interactie tussen meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen blijkt vrij moeilijk in een input/output-relatie te vatten te zijn.

De verschillen in de coëfficiënten zijn niet groot; de waarden liggen in dezelfde orde van grootte en hebben hetzelfde teken. Verschillen kunnen verklaard worden door onder andere het jaar, de graansoort, het ras, de grondsoort en het bouwplan. In vrijwel alle studies ligt de constante (de opbrengst bij een N-gift van 0 kg) in de buurt van de 3 à 4 ton.

Forse reducties in de inzet van gewasbeschermingsmiddelen leiden tot lagere gewasopbrengsten in de orde van grootte van 10%. Ook bij stikstof geldt dat pas bij een reductie van tientallen procenten er een gewasopbrengstreductie van meer dan enkele procenten optreedt.

De mate waarin producenten reageren op veranderende prijsverhoudingen tussen inputs en outputs is weliswaar niet in alle studies gelijk, maar de ordes van grootte verschillen niet veel. Een heffing van 200% op de prijs van stikstof leidt tot een lager verbruik van stikstof van zo'n 30% en een lagere graanopbrengst van ruim 5%. Een graanprijsverlaging van 30% leidt tot een verlaging van de inzet van stikstof van 10-15% en als gevolg daarvan tot een enkele procenten lagere kg-opbrengst per hectare. De beschikbare resultaten lijken er ook op te duiden dat bij ongunstiger wordende prijsverhoudingen de inzet van gewasbeschermingsmiddelen sneller terugloopt dan de inzet van stikstof. Laatstgenoemde input blijkt essentiëler voor het handhaven van een redelijk opbrengstniveau dan de inzet van pesticiden.

### **3.3 Analyse LEI-Boekhoudnet**

#### **3.3.1 Inleiding**

Deze en de volgende paragrafen beogen een inzicht te geven in de relatie tussen de produktie van graan en het gebruik van variabele inputs en de invloed van veranderende prijsverhoudingen op het verbruik van deze inputs en de produktie. Op basis van input/output-relaties kunnen de consequenties van veranderende prijsverhoudingen tussen input- en output-prijzen voor de produktie van graan en het verbruik van inputs doorgerekend worden. Daar waar in de literatuurstudie de produktiefuncties voornamelijk zijn gebaseerd op proefveldgegevens, wordt in deze analyse uitsluitend empirisch materiaal van praktijkbedrijven gebruikt. Eerst wordt een beknopt overzicht gegeven van de graanteelt in Nederland. Vervolgens wordt in paragraaf 3.3.3 en 3.3.4 een overzicht gegeven van het materiaal en de gebruikte methoden. Paragraaf 3.3.5 geeft de begrenzing van het onderzoek aan. In paragraaf 3.3.6 worden de resultaten van de schattingen uiteengezet en worden de consequenties van veranderende prijsverhoudingen weergegeven.

### 3.3.2 De graanteelt in Nederland

Tabel 3.3 geeft een historisch overzicht van het totale graanareaal in Nederland en de arealen per graansoort voor de periode 1970 -1992. Het totale graanareaal is gehalveerd in de betreffende periode. Een verklaring hiervoor is dat andere, hoger salderende gewassen als aardappelen, suikerbieten en de graszaadteelt de graanteelt verdringen. Vanuit de veehouderij is de vraag naar snijmaïs een belangrijke factor die de concurrentiepositie van de gewassen heeft bepaald. Het aandeel graan in het nationale bouwplan van de akkerbouw is gedaald van 52% in 1970 naar 22% in 1991. Het aandeel zal naar alle waarschijnlijkheid niet veel verder dalen, gezien de eisen ten aanzien van de vruchtwisseling.

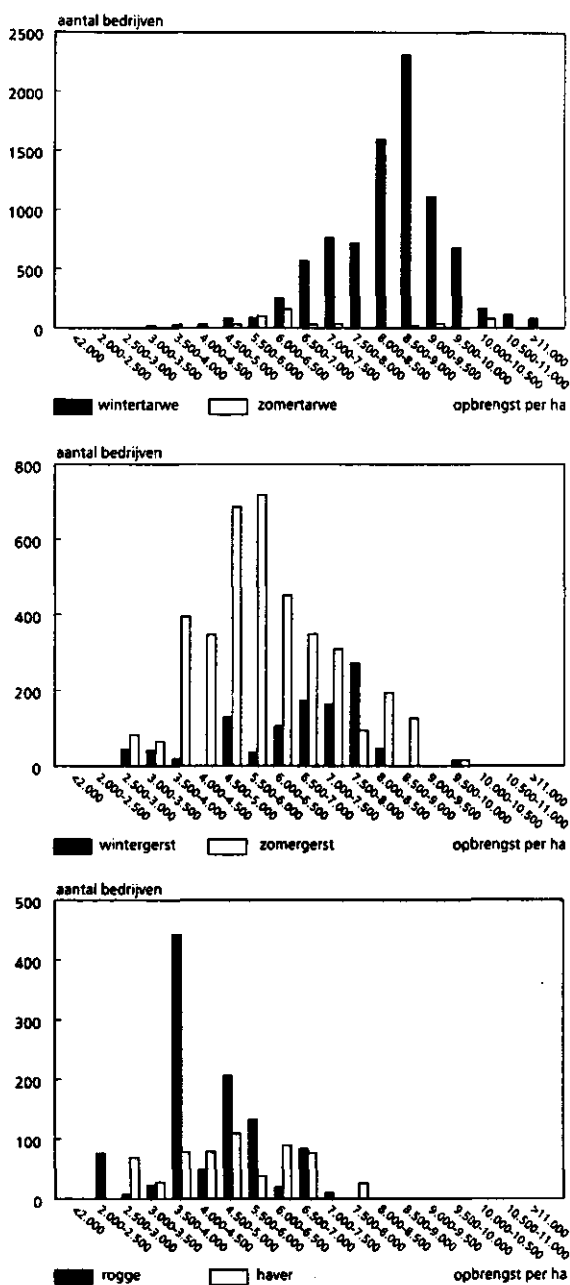
*Tabel 3.3 Arealen van graansoorten voor verschillende jaren (x 1.000 ha)*

Jaar	Totaal	Winter-tarwe	Zomer-tarwe	Winter-gerst	Zomer-gerst	Rogge	Haver
1970	359,6	104,6	36,9	8,7	94,9	55,3	55,1
1975	244,3	64,8	42,0	6,1	77,1	18,2	34,3
1980	224,1	128,1	14,1	12,3	41,1	9,7	18,1
1985	183,6	121,4	6,7	6,8	32,1	4,6	11,3
1986	169,7	110,6	5,9	9,2	32,8	4,1	6,5
1987	176,3	103,2	7,6	8,5	42,0	5,9	9,0
1988	196,9	104,2	10,3	6,3	56,4	6,6	13,2
1989	204,4	130,7	8,9	7,8	42,4	6,8	7,8
1990	195,2	135,1	5,5	9,9	30,4	8,6	3,4
1991	178,5	115,2	8,0	7,1	34,8	7,0	3,3
1992	173,2	116,7	10,2	6,0	28,1	6,2	3,6

Bron: Landbouwcijfers, verschillende jaargangen.

In 1990 kwamen er 360 graantelende bedrijven voor in het LEI-Boekhoudnet. Frequentieverdelingen van de opbrengst per hectare per graansoort worden in figuur 3.4 weergegeven. Met behulp van wegingsfactoren zijn de gegevens gewogen zodat een beeld ontstaat van de landelijke situatie.

Uit de figuur blijkt dat er voor geen enkele graansoort sprake is van een normale verdeling van de opbrengst per hectare. Het aantal steekproefbedrijven met winter tarwe is 279. De variatie in de opbrengst voor winter tarwe is groot. De opbrengst varieert globaal van 3.000 tot 11.000 kg per hectare, met een uitschieter van meer dan 13.000 kg per hectare. De opbrengst van zomergerst varieert van de 2.400 tot 9.200 kg per hectare. Voor de gewassen zomertarwe, rogge, haver en wintergerst is er minder variatie waargenomen in de opbrengst per hectare. Het aantal waarnemingen is echter beperkt.



**Figuur 3.4 Frequentieverdelingen van de kilogramopbrengst per hectare voor zes graansoorten in 1990**  
Bron: LEI-Boekhoudnet.

Tabel 3.4 geeft een overzicht van gemiddelden over alle bedrijven van het aantal hectare graan per bedrijf, de opbrengst per hectare, de stikstofgift, de toegerekende meststofkosten en de kosten voor gewasbescherming en onkruidbestrijding.

*Tabel 3.4 Gemiddelde opbrengst, stikstofgift en toegerekende kosten per bedrijf van enkele graansoorten in 1990*

	Winter- tarwe	Zomer- tarwe	Winter- gerst	Zomer- gerst	Rogge	Haver
Aantal waar- nemingen	279	27	45	122	44	25
Hectare per bedrijf	16,6	5,6	8,9	5,1	4,2	3,9
Opbrengst (kg/ha)	7.649	5.814	6.022	5.336	4.418	4.515
N-gift (kg/ha)	160	128	121	79	96	79
Toegerekende meststoffenkosten (gld/ha)	297	236	228	85	200	223
Gewasbescherm. (gld/ha)	179	114	146	89	29	39
Onkruidbestr. (gld/ha)	146	78	121	86	58	96

Bron: LEI-Boekhoudnet.

Het wintertarwe-areaal vertegenwoordigt een groot deel van het graanareaal in Nederland. In 1991 is dit 65% van het graanareaal. Dit gewas heeft binnen de granengroep gemiddeld over Nederland de hoogste kilogramopbrengsten per hectare en heeft ook het hoogste saldo per hectare. Gerst wordt vooral geteeld in die gebieden waar de tarwe minder goede opbrengsten geeft. Soms kan gerst aantrekkelijk zijn, bijvoorbeeld als het een brouwwaardige kwaliteit heeft. Rogge en haver zijn kleine graangewassen en worden om uiteenlopende redenen geteeld, bijvoorbeeld als vruchtwisselingsgewas binnen de granengroep.

De rassenkeuze is een belangrijk gegeven voor goede opbrengsten. De Beschrijvende Rassenlijst voor landbouwgewassen (Commissie voor de samenstelling van de Rassenlijst voor Landbouwgewassen, meerdere jaren) biedt een scala aan rassen voor verschillende grondsoorten en regio's. Voor de belangrijke graansoorten tarwe en gerst zijn ook veel meer rassen beschikbaar dan voor de minder belangrijke graansoorten als haver en rogge. Toch blijkt bijvoorbeeld voor wintertarwe dat het overgrote deel van het betreffende areaal ingezaaid wordt met een klein aantal rassen.

In de periode 1980-1986 nemen de wintertarwerassen Arminda en Okapi 80% van het ingezaaide areaal voor hun rekening. In de periode 1987-1989 verwerft het ras Obelisk een aandeel van 40 tot 60%. Obelisk is een ras dat een betere broodkwaliteit heeft. Er zijn regionale verschillen in het gebruik van bepaalde rassen. Zo werd in 1987 in het Noordelijk kleigebied een kwart van het wintertarweareaal beteeld met Okapi en slechts 2%

met Arminda. In het Zuidwestelijk kleigebied daarentegen werd een kwart met Arminda en slechts 3% met Okapi beteeld. In beide regio's werd iets minder dan de helft van het areaal met het ras Obelisk beteeld.

### 3.3.3 Materiaal

In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de gebruikte data. De data zijn afkomstig uit het LEI-Boekhoudnet. Het LEI-Boekhoudnet bevat bedrijfsgegevens van steekproefbedrijven die aselekt gekozen worden uit de populatie van bedrijven die groter of gelijk aan 79 sbe zijn (vergelijk 1 ha wintertarwe = 1,8 sbe, 1 ha consumptieaardappelen (klei) = 6,8 sbe). Voor de analyse in dit project zijn de boekhoudnetgegevens van 1981-1990 gebruikt. Een tienjarige reeks geeft voldoende waarnemingen om een redelijk inzicht te verkrijgen in de relatie tussen de opbrengst en de variabele inputs. In totaal zijn er bijna 2900 waarnemingen beschikbaar van akkerbouwbedrijven die in ieder geval granen in het bouwplan hebben opgenomen.

### 3.3.4 Methode

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat het gedrag van boeren (producentengedrag) op twee manieren gemodelleerd kan worden, namelijk:

- op basis van de optimaliseringsbenadering (produktiefuncties, optimalisering van input en output);
- op basis van een econometrische schatting (vraag- en aanbodvergelijkingen afgeleid uit een produktiefunctie, winstfunctie of kostenfunctie, of op ad hoc basis).

In dit onderzoek is gekozen voor de optimaliseringsbenadering. Deze benadering heeft weliswaar als nadeel dat een bepaald gedrag van producenten wordt verondersteld, maar heeft als voordeel dat gemakkelijker een vergelijking met alternatieve input/output-relaties (bijvoorbeeld voor geïntegreerde teelt) kan worden gemaakt. Voor een verdere onderbouwing van de gekozen benadering, zie hoofdstuk 2.

De optimaliseringsbenadering van het producentengedrag omvat twee stappen. Eerst wordt de relatie tussen de fysieke opbrengst en de inzet van produktiemiddelen bepaald. Vervolgens wordt aan de hand van de doelstelling van de ondernemer (saldo- of winstmaximalisatie) bepaald wat de optimale inzet van produktiemiddelen zal zijn. In paragraaf 3.3.6.3 wordt nagegaan in hoeverre in de praktijk winstmaximalisatie de inzet van variabele inputs bepaalt.

De geschatte produktiefuncties zijn relaties op gewasniveau. Dat wil zeggen dat een technische relatie geschat wordt waarin kg-opbrengsten van een gewas en inputs in fysieke eenheden met elkaar in verband gebracht worden. Er is gekozen voor een kwadratische functievorm. Daarmee is het mogelijk om afnemende meeropbrengsten in beeld te brengen.

De kg-opbrengst van een gewas wordt bepaald door een groot aantal factoren zoals klimatologische omstandigheden, water, nutriënten, aantas-



ting door ziekten en plagen, bodem en bodemgebonden factoren. Deze analyse beperkt zich tot Nederland, maar ook binnen Nederland doen zich klimatologische verschillen voor en zijn er verschillende grondsoorten aanwezig. Het schatten van produktiefuncties waarbij alle waarnemingen van alle bedrijven bij elkaar genomen worden, en waarbij dus geen onderscheid naar regio en of grondsoort gemaakt wordt, kan tot verkeerde inzichten leiden. Immers het produktieniveau van winterarwe in de zandgebieden is lager dan in de kleigebieden en ook het bijbehorende inputniveau is verschillend. Dit leidt tot verschillen in de ligging van de produktiefunctie, waarbij ook de helling van de produktiefunctie kan verschillen. Het is daarom ook niet verstandig om bijvoorbeeld een dummy-variabele voor het "regio-effect" of het "grondsoort-effect" op te nemen.

De beschikbaarheid van water is een moeilijk kwantificeerbare verklarende variabele. Het aantal millimeters regenval per jaar zegt nog niets over de beschikbaarheid voor het gewas omdat factoren als bijvoorbeeld de doorlaatbaarheid van de bodem, de periode waarin het regent en de behoefte van het gewas per periode een belangrijke rol spelen.

In deze analyse zal getracht worden de kilogram-opbrengst per hectare te relateren aan een aantal variabele inputs. Variabele inputs zijn bemesting, zaaizaad, bestrijding van ziekten en plagen, onkruidbestrijding en overige variabele inputs. De inputs worden zoveel mogelijk uitgedrukt in fysieke eenheden. Voor bemesting wordt de N-gift in kg per hectare als maatstaf gebruikt. Een nadeel van het hier gebruikte materiaal is dat de gegevens alleen op jaarbasis beschikbaar zijn. De invloed van de verdeling van de N-gift over het groeiseizoen kan niet in beschouwing worden genomen.

De gewasbescherming omvat zowel de bestrijding van ziekten en plagen als de onkruidbestrijding. Deze kosten van gewasbescherming worden in het LEI-Boekhoudnet uitgedrukt in guldens per hectare. Voor het jaar 1990 zijn ook gegevens over de hoeveelheid actieve stof beschikbaar. In paragraaf 3.3.6 wordt een analyse gegeven waarin de pesticiden ofwel in guldens ofwel in kg actieve stof worden uitgedrukt. Aan de hand van een kwadratische regressie-vergelijking met N-gift en pesticidenverbruik (in kg actieve stof en in guldens) als verklarende variabelen wordt een vergelijking tussen deze twee gemaakt.

De hoeveelheid zaaizaad is eveneens van invloed op de kg-opbrengst maar deze is niet beschikbaar in het data-materiaal. Bovendien is dit niet wezenlijk van belang gezien de doelstelling van dit onderzoek. De kosten van zaaizaad per hectare zijn wel aanwezig in de data, maar de uitsplitsing van deze kostenpost naar kilogrammen zaaizaad en de prijs per kilogram kan niet worden gemaakt.

De overige variabele inputs (onder andere touw, verzekering, rente) worden niet meegenomen in de analyse vanwege het heterogene karakter.

De volgende vergelijking wordt als basisvergelijking voor de regressie-analyse gekozen.

$$Y = \text{constante} + a.N - b.N^2 + c.P - d.P^2 + e.N.P + d\text{jaar} \quad (3.6)$$

waarin: Y = opbrengst per hectare (kg)  
 N = de N-gift per hectare (kg zuivere N)  
 P = het pesticidenverbruik per hectare (kg actieve stof of guldens)  
 djaar = een dummy voor ieder jaar

constante, a, b, c, d en e zijn de te schatten parameters

Om rekening te houden met jaarinvloeden (onder andere het weer en de ziektedruk) en met de technische ontwikkeling wordt gebruik gemaakt van een jaardummy. Deze dummy geeft aan met hoeveel de constante verhoogd of verlaagd moet worden om voor dat betreffende jaar de kg-opbrengst te berekenen. De overige coëfficiënten worden voor alle jaren gelijk verondersteld. Dit betekent dat ook de kromming van de lijnen voor ieder jaar gelijk wordt verondersteld. Alleen het niveau van de functie verschilt van jaar tot jaar.

Verondersteld wordt dat een ondernemer streeft naar maximale winst. Dit betekent dat de inzet van inputs op een zodanig niveau gekozen wordt dat de extra kosten die gemaakt moeten worden om nog één kilogram extra output te realiseren, gelijk zijn aan de extra opbrengst van één kilogram output (marginale opbrengst = marginale kosten). Voor een geschatte produktiefunctie waarin één verklarende variabele is opgenomen, geldt dan dat de richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan de produktiefunctie gelijk moet zijn aan de verhouding tussen de prijs van het produktiemiddel en de prijs van het produkt.

Toegepast op het stikstofgedeelte van de bovenstaande produktiefunctie geeft dit de volgende formule:

$$P_n / P_g = a - 2.b.N^* \quad (3.7)$$

waarin:  $P_g$  = de prijs van één extra kilogram graan (gld)  
 $a - 2.b.N^*$  = de richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan de produktiefunctie  
 $P_n$  = de prijs van één kg stikstof (gld)  
 $N^*$  = de optimale inzet van stikstof per hectare (kg)

Op eenvoudige wijze is te berekenen wat het optimale niveau is van de betreffende input. Het inputniveau bij een maximale opbrengst is te berekenen door de richtingscoëfficiënt van de raaklijn op nul te stellen. Extra input zorgt voor een dalend produktieniveau.

Bij multivariabele produktiefuncties, zoals in vergelijking 3.6, is het berekenen van de optimale combinatie van inputs minder eenvoudig. De optima zijn berekend met behulp van een optimaliseringsprogramma (PCPROG). Het principe van gelijkstelling van marginale opbrengsten en

marginale kosten blijft ook hier gelden. Bij het optimaliseren van de multi-variabele produktiefunctie worden ook de kosten van toediening van extra inputs in beschouwing genomen.

### 3.3.5 Begrenzing

Een eerste keuze die is gemaakt betreft de graansoort. Gezien de opbrengstverschillen tussen graansoorten, de behoefte aan nutriënten, de gevoeligheid voor ziekten en plagen, is ervoor gekozen om niet alle graansoorten te clusteren. Er is gekozen voor het gewas wintertarwe, gezien de omvang van het areaal en het produktieniveau per hectare (zie ook tabel 3.3 en 3.4).

In paragraaf 3.3.4 is al gewezen op de verschillen in klimatologische omstandigheden en bodemgebonden factoren en de samenhang van deze factoren met de opbrengst van een gewas. Daarom is besloten de analyse per gebied uit te voeren. De analyse richt zich hoofdzakelijk op het Zuidwestelijk kleigebied. Als vergelijkingsmateriaal wordt ook het Noordelijk kleigebied in beschouwing genomen (zie bijlage 3). Voor deze twee regio's is een voldoende groot aantal waarnemingen met dezelfde grondsoort (klei) beschikbaar in het LEI-Boekhoudnet.

### 3.3.6 Resultaten

#### 3.3.6.1 Inleiding

In deze paragraaf worden de resultaten gepresenteerd van de schattingen van de produktiefunctie en de berekeningen van de optimale inzet van inputs bij verschillende prijsverhoudingen. Paragraaf 3.3.6.2 geeft inzicht in het datamateriaal. In paragraaf 3.3.6.3 tot en met 3.3.6.6 worden de resultaten van het Zuidwestelijk kleigebied gepresenteerd. Achtereenvolgens komen aan de orde: de enkelvoudige produktiefunctie, waarbij alle inputs worden samengenomen in één variabele; de meervoudige produktiefunctie, waarbij de inzet van stikstof en pesticiden afzonderlijk wordt meegenomen; de wijze van meting van de pesticideninput en de effecten van veranderende prijsverhoudingen. In een aparte paragraaf (3.3.6.7) worden, zij het beknopt, de resultaten van het Noordelijk kleigebied weergegeven en vergeleken met het Zuidwestelijk kleigebied.

#### 3.3.6.2 Data

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de data voor het Zuidwestelijk kleigebied uit het LEI-Boekhoudnet. In totaal zijn er in de periode 1981-1990 691 waarnemingen voor het gebied. Drie waarnemingen zijn buiten de analyse gelaten; één waarneming vanwege een onwaarschijnlijk hoge kg-opbrengst en twee vanwege een zeer lage opbrengst per hectare.

Tabel 3.5 Kengetallen wintertarweteelt Zuidwestelijk kleigebied (gemiddelden)

Jaar	Aantal ha winter- tarwe	Opbrengst (kg/ha)	N-gift (kg/ha)	Pesticiden verbruik (gld/ha)	Variabele inputs (gld/ha)	N-gift per bedrijf alle gewassen (kg/ha)
1981	14,6	7.187	152	286	805	194
1982	14,3	7.830	169	293	907	203
1983	15,7	7.072	173	322	896	205
1984	16,1	8.726	201	377	1.028	219
1985	15,2	7.055	204	395	1.125	216
1986	15,2	8.446	205	348	1.038	211
1987	16,0	7.108	209	359	941	206
1988	13,8	8.216	211	347	919	200
1989	17,8	7.981	201	382	920	195
1990	18,9	8.118	184	376	898	204
1981/ 1990	15,8	7.771	190	348	945	205

Bron: LEI-Boekhoudnet.

Gedurende de periode 1981-1990 is er sprake van een stijging van het gemiddeld aantal hectare wintertarwe per bedrijf. De gemiddelde kg-opbrengsten variëren van ruim 7.000 kg tot ruim 8.700 kg per hectare. Opmerkelijk is dat deze twee extremen in twee opeenvolgende jaren voorkwamen, namelijk in 1983 en 1984. De stikstofgift per hectare stijgt per jaar tot het jaar 1988. In 1990 is een daling van de stikstofgift ten opzichte van 1989 van 8,5% geconstateerd. De stikstofgift is ruim in vergelijking met de adviesgift. De adviesgift wordt berekend als: 210 - N-mineraal kg. De gemiddelde hoeveelheid minerale stikstof die per jaar vrijkomt uit organisch materiaal wordt voor kleigrond geschat op 50 kg N (Janssens en Groenwold, 1993). De werkelijke stikstofgift ligt in 1990 dus zo'n 24 kg boven de adviesgift. Volgens Janssens en Groenwold wordt er geen organische mest gebruikt voor de teelt van wintertarwe.

De kosten van het verbruik van pesticiden stijgen eveneens, voornamelijk in de periode 1981-1985. Vanaf 1985 stabiliseren de kosten zich. De laatste twee jaren nemen de kosten van het verbruik van deze middelen weer toe.

De variabele inputs bevatten de kosten van het verbruik van meststoffen, pesticiden en zaaizaad. De gemiddelde stikstofgift per hectare over alle gewassen stijgt nauwelijks gedurende deze 10 jaar ondanks de stijging van de stikstofgift in wintertarwe. Gemiddeld wordt 205 kg stikstof per hectare gestrooid.

Tabel 3.6 geeft een overzicht van de telersprijs van wintertarwe en de stikstofprijs van de periode 1981-1990. Zowel de tarweprijzen als de stikstof-

prijzen zijn, na een stijging in het begin van de periode, gedaald gedurende de periode. Deze prijzen worden gebruikt voor de berekening van de optimale inzet van inputs. De verhouding tussen de stikstofprijs en de prijs van winter tarwe geeft aan hoeveel kilogram tarwe de laatste kilogram stikstof op moet brengen.

*Tabel 3.6 Prijzen van winter tarwe en stikstof in het Zuidwestelijk kleigebied in de periode 1981-1990*

Jaar	Wintertarwe (gld/100 kg)	Stikstof (gld/kg)	Stikstofprijs/ wintertarweprijs
1981	52	1,57	3,0
1982	55	1,72	3,1
1983	55	1,38	2,5
1984	50	1,41	2,8
1985	48	1,54	3,2
1986	48	1,51	3,2
1987	46	1,13	2,5
1988	44	1,16	2,6
1989	42	1,13	2,7
1990	39	1,14	2,9
1981- 1990	48	1,36	2,8

Bron: LEI-Boekhoudnet.

*Tabel 3.7 Verbruik van pesticiden in winter tarwe in het Zuidwestelijk kleigebied in 1990*

Middelen- groep	Kg. werkzame stof per ha (variatie)		Kosten (gld/ha)	Gemiddelde prijs (gld/kg)
Fungiciden	4,1	(0 - 12,6)	175,30	42,76
Insecticiden	0,4	(0 - 2,2)	20,58	51,45
Groeiregulatoren	1,0	(0 - 2,2)	12,84	12,84
Herbiciden	3,8	(0,5 - 7,7)	165,20	43,47

Bron: LEI-Boekhoudnet.

Van het jaar 1990 zijn gegevens bekend over de hoeveelheden gewas-beschermingsmiddelen, uitgedrukt in kilogrammen werkzame stof. In tabel 3.7 wordt een overzicht gegeven van de kosten en de kilogrammen werkzame stof per middelengroep. Tevens is de variatie in het gebruik aangegeven. Uit de tabel blijkt dat het verbruik van fungiciden en herbiciden de

belangrijkste pesticiden zijn in de teelt van wintertarwe. Een waarneming met een extreem hoog herbicidenverbruik (kg werkzame stof) is uit de dataset van in totaal 73 waarnemingen gehaald.

### 3.3.6.3 Enkelvoudige produktiefunctie

Verondersteld wordt dat een ondernemer streeft naar maximalisatie van het saldo. Het saldo is maximaal, daar waar de kosten van een extra eenheid totale variabele inputs gelijk zijn aan de marginale opbrengst. Om deze veronderstelling te toetsen is een analyse uitgevoerd op de beschikbare data, waarbij een verband wordt gelegd tussen de totale variabele input en de output. De totale inputkosten omvatten de kosten van meststoffen, pesticiden en zaaizaad; deze zijn gecorrigeerd met het prijsindexcijfer van de afzonderlijke inputs (zie Bijlage 1 voor prijsindexcijfers). Er is een kwadratische produktiefunctie geschat met een dummy voor ieder jaar. De geschatte produktiefunctie ziet er als volgt uit (tussen haakjes de t-waarden):

$$\begin{aligned}
 Y = & \quad 3319 \quad +7,51.TI \quad -0,003201.TI^2 \quad +788.d82 & (3.8) \\
 & (5,61) \quad (5,49) \quad (-4,15) \quad (5,54) \\
 & -210.d83 \quad +1191.d84 \quad -490.d85 \quad +1053.d86 \quad -266.d87 \quad +815.d88 \\
 & (-1,44) \quad (8,05) \quad (-3,24) \quad (7,04) \quad (-1,76) \quad (5,26) \\
 & +530.d89 \quad +827.d90 \\
 & (3,51) \quad (5,53)
 \end{aligned}$$

R-kwadraat = 0,38  
n = 691  
periode 1981-1990

waarin: Y = opbrengst wintertarwe per hectare (kg)  
TI = totale input per hectare (gulden)  
djaar = dummy voor betreffende jaar

Van de totale variatie in de opbrengst wordt 38% verklaard door de verschillen in inzet van variabele inputs. De geschatte relatie is significant verschillend van nul. De coëfficiënten van de inputkosten hebben de juiste tekens, wat betekent dat er sprake is van een afnemende meeropbrengst. De waarde van de constante (3319 kg) betekent dat bij een inputniveau van 0 gulden er een opbrengst in 1981 gerealiseerd kan worden van 3319 kg graan per hectare. De dummy van elk jaar geeft aan met hoeveel kg de constante verhoogd dan wel verlaagd moet worden om voor dat betreffende jaar de opbrengst bij een gegeven inputniveau te berekenen.

Het optimale inputniveau wordt voor elk afzonderlijk jaar berekend. De marginale kosten van een extra eenheid aan inputs is gelijk aan 1 gulden omdat de inputs uitgedrukt zijn in guldens. Tabel 3.8 geeft een overzicht van het werkelijke inputniveau en het geschatte optimale inputniveau.

*Tabel 3.8 Werkelijke en geschatte optimale niveau van variabele inputs (in guldens per hectare) voor de wintertarweteelt in het Zuidwestelijk kleigebied, naar jaar*

Jaar	Werkelijke niveau	Schatting optimale niveau	Vershil (werkelijk - optimaal)
1981	805	849	- 44
1982	907	838	- 69
1983	896	846	- 32
1984	1.028	826	+ 202
1985	1.125	789	+ 336
1986	1.038	799	+ 239
1987	941	810	+ 131
1988	919	790	+ 129
1989	920	790	+ 130
1990	898	753	+ 145
1981/1990	945	815	+ 130

Het inputniveau waarbij een maximale opbrengst per hectare wordt gerealiseerd is 1.173 guldens met een bijbehorende produktie van 8.148 kg wintertarwe per hectare (gemiddelde 1981-1990).

De werkelijke en de optimale inzet van inputs wijken niet sterk van elkaar af. Elhorst (1986:44) komt ook tot de conclusie dat de marginale opbrengsten en marginale kosten van variabele inputs voor de meeste sectoren in de Nederlandse landbouw ongeveer gelijk zijn.

Het optimale niveau wordt hoofdzakelijk bepaald door de prijs van wintertarwe. Deze stijgt nog in 1982 maar daalt gedurende de periode 1983-1990. Het werkelijke kostenniveau van inputs volgt vertraagd het optimale kostenniveau van de inputs, dus eigenlijk de prijs van wintertarwe. Voor de jaren 1981, 1982 en 1983 is het optimale niveau van variabele inputs hoger dan het werkelijke niveau, terwijl de volgende jaren zonder uitzondering een omgekeerd beeld laten zien. Gemiddeld genomen liggen werkelijk en optimaal niet zover uit elkaar (+130). In deze analyse zijn de marginale kosten van toediening van de inputs meststoffen en pesticiden niet meegenomen. Dit zou tot iets lagere optimale waarden leiden.

Het extra verbruik van variabele inputs kan te maken hebben met de risico's die verbonden zijn aan het produktieproces. Extra (sub-optimale) in-

puts kunnen de risico's verbonden aan de teelt verminderen. Een tweede verklaring is het vertraagd reageren van de inzet van variabele inputs op de prijs van graan of een te optimistische inschatting van de prijs van graan.

### 3.3.6.4 Meervoudige produktiefunctie

In paragraaf 3.3.4 is aangegeven dat de N-gift en de kosten van pesticiden als verklarende variabelen meegenomen worden in de produktiefunctie. De kosten van pesticiden zijn gecorrigeerd voor prijsstijgingen. Bijlage 1 vermeldt de prijsindexcijfers van pesticiden voor de periode 1981-1990. De N-gift aan het betreffende gewas is gemeten als de totale N-gift per jaar per hectare. Geen rekening wordt gehouden met de verdeling van de N-gift gedurende het jaar. Evenmin wordt de minerale N-levering vanuit de bodem meegenomen. De minerale stikstof uit de bodem ontstaat door aanvoer van dierlijke mest of planteresten. Het is moeilijk om een inschatting van de N-mineraal uit planteresten te maken. Dit hangt onder andere van de voorvrucht af.

Een jaardummy zal de effecten per jaar (weer) en de trendontwikkeling over de jaren heen uitschakelen. Er is gekozen voor het achterwege laten van een interactie-term tussen stikstof en pesticiden (N\*P). Uit analyse bleek dat deze interactie-term een niet-significante coëfficiënt heeft en niets toevoegt aan de verklaarde variantie. Tevens daalden de t-waarden vanwege de sterke onderlinge correlatie tussen de variabelen NP, N en P. De correlatie tussen de N-gift en de kosten van pesticiden is daarentegen laag.

Het resultaat van de schatting is als volgt:

$$\begin{aligned}
 Y = & \quad 4005 \quad +17,08.N \quad -0,03226.N^2 \quad +7,15.P \quad -0,00806.P^2 \quad (3.9) \\
 & (12,13) \quad (5,89) \quad (-4,56) \quad (4,59) \quad (-3,37) \\
 & +780.d82 \quad -158.d83 \quad +1232.d84 \quad -449.d85 \quad +1124.d86 \quad 294.d87 \\
 & (5,55) \quad (-1,11) \quad (8,59) \quad (-3,09) \quad (7,67) \quad (-1,99) \\
 & +712.d88 \quad +497.d89 \quad +778.d90 \\
 & (4,62) \quad (3,38) \quad (5,33)
 \end{aligned}$$

R-kwadraat = 0,41

n = 691

periode: 1981-1990

waarin: Y = opbrengst wintertarwe per hectare (kg)  
 N = stikstofgift per hectare (kg)  
 P = pesticidenkosten per hectare (gulden (van 1980))  
 djaar = dummy voor betreffende jaar



De geschatte relatie geeft aan dat er zowel voor stikstof als voor pesticiden sprake is van afnemende meeropbrengsten. De lineaire coëfficiënt van "N" en "P" zijn positief, terwijl de kwadratische coëfficiënten van "N" en "P" negatief zijn. Eenenvēertig procent van de variatie in de kg-opbrengst wordt verklaard door deze relatie.

Bij een nulniveau van de inputs stikstof en pesticiden wordt in 1981 een opbrengst behaald van ruim 4 ton wintertarwe. Voor de jaren 1982-1990 wordt bij een nulniveau van inputs een opbrengst behaald die gelijk is aan de constante plus de dummy van het betreffende jaar. De kromming van de produktiefunctie-lijn wordt bepaald door de coëfficiënten van "N" en "P". Deze is voor alle jaren gelijk verondersteld.

De in de literatuur gevonden coëfficiënten voor stikstof zijn in dezelfde orde van grootte. Vergelijk de gevonden resultaten van Besseling (1988), 0,27 - 0,33, en van Schijf (1988), 0,22 - 0,33, met de 0,17 in bovenstaande vergelijking. In deze functies (Schijf (1988) en Besseling (1988)) wordt alleen de stikstofgift meegenomen. Een deel van het effect van andere inputs wordt dan toegeschreven aan de stikstof. Fuchs & Schanzenbächer (1992) komen tot een stikstofcoëfficiënt van 0,15. In hun analyse worden ook de kosten van pesticiden en de interactie-term tussen beide inputs als verklarende variabele meegenomen. Zie paragraaf 3.2.2.

Uitsluiting van die bedrijven die organische mest gebruiken (75% van de bedrijven gebruikt organische mest) levert een regressievergelijking op waarvan een aantal coëfficiënten niet significant van nul verschilt en de R-kwadraat gelijk is aan de vergelijking waarbij alle bedrijven in beschouwing zijn genomen. Het aantal waarnemingen daalt naar een kwart van het oorspronkelijke aantal. Dit beïnvloedt de t-waarden. De gemiddelde N-gift en opbrengst per hectare verschillen weinig van die van de totale groep waarnemingen. Concluderend kan worden gesteld dat de schatting beter uitgevoerd kan worden voor de totale groep waarnemingen.

Het optimale inputniveau van stikstof en pesticiden is berekend met het optimaliseringsprogramma PCPROG. Ook hier wordt verondersteld dat het optimale punt daar ligt waar de marginale opbrengsten gelijk zijn aan de marginale kosten.

In tabel 3.9 worden de werkelijke en de berekende optimale niveaus van stikstof en pesticiden weergegeven. Tevens worden de afwijkingen van het werkelijke niveau ten opzichte van het optimale niveau weergegeven. De berekende optimale input voor stikstof is 216 kg en de optimale pesticiden-input is 277 gulden. De bijbehorende opbrengst per hectare is 7.973 kg. Het gemiddelde N-inputniveau in de periode 1981-1990 (zie tabel 3.5) lag iets lager (190 kg N/ha), terwijl het inputniveau voor pesticiden hoger lag (348 gulden/ha).

Op basis van de geschatte produktiefunctie wordt een maximale produktie van 8.273 kg per hectare gehaald bij een stikstofniveau van 265 kg per hectare en een pesticideninput van 444 gulden.

Opmerkelijk aan de getallen uit tabel 3.9 is de constante waarde van de optimale stikstof-input, namelijk tussen de 210 en 222 kg per hectare, terwijl de graanprijs nogal sterk varieerde in deze periode. Dit is te verkla-

ren uit het feit dat de prijs van stikstof en de prijs van graan in sterke mate een parallel verloop hadden. De prijsverhouding tussen deze twee is min of meer constant. Het werkelijk verbruik van stikstof ligt in alle jaren lager dan het optimale verbruik.

*Tabel 3.9 Optimaal en werkelijk inputniveau van stikstof en pesticiden in het Zuid-westelijk kleigebied. Periode 1981-1990*

Jaar	Stikstof (kg/ha)			Pesticiden (gld/ha)		
	werkelijk	optimaal	verschil	werkelijk	optimaal	verschil
1981	152	213	- 61	286	306	- 30
1982	169	212	- 43	293	304	- 11
1983	173	222	- 49	322	300	+ 22
1984	201	216	- 15	377	281	+ 96
1985	204	210	- 6	395	269	+ 126
1986	205	211	- 6	348	268	+ 80
1987	209	222	- 13	359	261	+ 98
1988	211	219	- 8	347	260	+ 87
1989	201	217	- 16	382	257	+ 125
1990	184	213	- 29	376	238	+ 138
1981-1990	190	216	- 26	348	277	+ 71

Bron: LEI-Boekhoudnet en eigen berekeningen.

De optimale pesticiden-input is afhankelijk van de prijs van pesticiden en de prijs van graan, en daalt gedurende de periode 1981-1990. Het werkelijke niveau ligt in 8 van de 10 jaren boven het niveau van de optimale input en laat een constante tot licht stijgende tendens zien. Het verschil tussen werkelijk en optimaal wordt steeds groter. Toenemende ziektedruk en vernauwing van het bouwplan kunnen een verklaring hiervoor zijn. Als gevolg van een hoger bemestingsniveau kan de onkruidpopulatie toenemen waardoor meer herbiciden nodig zijn.

Bij deze optimalisering is rekening gehouden met de marginale kosten van toediening van de variabele inputs. Aangenomen is dat de kosten 15 cent/kg voor stikstof en 10 cent/gulden pesticiden bedragen. Uitgangspunt hiervoor is de studie van Fuchs & Schanzenbächer (1992). Deze kosten zijn afgerond op vijf cent naar boven. De invloed van de marginale kosten van toediening van stikstof op de optimale hoeveelheid stikstof is gering. Tien cent meer of minder aan marginale kosten van toediening van stikstof heeft een effect van 4 kg stikstof meer of minder (periode 1981-1990). Dit is bijna 2%. Een verhoging of verlaging van de marginale kosten van toediening van pesticiden met 5 cent per gulden input leidt tot een verschil van 7 gulden op de optimale inzet van pesticiden (2,5%).

In paragraaf 3.3.6.6 zal worden berekend wat gegeven deze productiefunctie de optimale inputniveaus zijn bij veranderende prijsverhoudingen. Daarbij zal dus rekening moeten worden gehouden met de verschillen in optimale en werkelijke niveaus van inputs. Op basis van de voorgaande analyse lijkt het uitgangspunt van saldo-maximalisatie echter een acceptabele werkwijze voor het maken van berekeningen.

### 3.3.6.5 Pesticiden: guldens of kilogrammen werkzame stof

Voor het jaar 1990 zijn twee analyses gedaan waarbij ofwel de kosten van pesticiden ofwel de kilogrammen werkzame stof als verklarende variabelen zijn opgenomen naast de stikstofgift. De geschatte produktiefuncties zien er als volgt uit (tussen haakjes de t-waarden):

a: pesticiden in guldens/ha:

$$Y = 3383 + 19,8.N - 0,0445.N^2 + 12,46.P - 0,01300.P^2 \quad (3.9)$$

(3,48)      (1,68)      (-1,42)      (2,23)      (-1,76)

R-kwadraat = 0,28

n = 72

waarin: Y = opbrengst wintertarwe per hectare (kg)  
N = stikstofgift per hectare (kg)  
P = pesticidenkosten per hectare (guldens)

b: pesticiden in kg werkzame stof:

$$Y = 4216 + 35,1.N - 0,0830.N^2 + 64.P - 1,03.P^2 \quad (3.10)$$

(4,54)      (3,06)      (-2,65)      (0,49)      (-0,16)

R-kwadraat = 0,20

n = 72

waarin: Y = opbrengst wintertarwe per hectare (kg)  
N = stikstofgift per hectare (kg)  
P = pesticidenverbruik per hectare (kg werkzame stof)

De correlatie tussen stikstof en pesticiden is voor beide pesticiden-grootheden ongeveer gelijk, namelijk 0,37 voor kg werkzame stof en 0,34 voor guldens. De t-waarden van pesticiden in relatie a zijn hoger, maar niet alle groter dan twee. De kwadratische term van de pesticidenkosten heeft een t-waarde van -1,76 en dus is deze coëfficiënt niet significant van nul verschillend. Een mogelijke verklaring van de betere schatting als "P" in guldens is uitgedrukt, is dat een ondernemer niet zozeer kijkt naar de kg werk-

zame stof die hij/zij gebruikt, maar naar de kosten (prijs/kg maal de kilogrammen) die nodig zijn voor een bepaalde bestrijding. Blijkbaar heeft een geringe inzet van dure middelen eenzelfde effect op de opbrengst als een ruime inzet van goedkope middelen. In de praktijk vindt een snelle omschakeling tussen pesticidenmiddelen plaats, waarbij de kilogram werkzame stof tussen middelen sterk kan variëren. De totale kosten variëren veel minder tussen de jaren.

De conclusie uit het voorgaande is dat de pesticidenkosten een betere verklaring geven voor de variatie in opbrengst dan de kg werkzame stof in pesticiden.

### 3.3.6.6 Veranderende prijsverhoudingen

In paragraaf 3.3.6.4 is de geschatte produktiefunctie weergegeven. Bij deze produktiefunctie zijn de optimale inputniveaus per jaar en voor de hele periode berekend. Daarbij zijn de prijzen van wintertarwe en stikstof voor de betreffende periode gebruikt. Daardoor kon het berekende optimale niveau vergeleken worden met het werkelijke niveau uit het LEI-Boekhoudnet.

In deze paragraaf zal met behulp van de geschatte produktiefunctie een inschatting gemaakt worden van het verbruik van inputs en de verwachte produktie per hectare van wintertarwe met variërende prijzen. Er worden vier scenario's doorerekend voor het Zuidwestelijk kleigebied:

1. voor het jaar 1992/93. De graanprijs is 0,39 gulden per kg voor het Zuidwestelijk kleigebied en de prijs van stikstof 1,18 gulden per kg zuivere stikstof (Jager, 1993);
2. voor het jaar 1995/96. De graanprijs zal dalen naar een niveau van 0,27 gulden per kg wintertarwe (Blom & Hoogeveen, 1993) en de prijs van stikstof blijft onveranderd 1,18 gulden per kg;
3. op basis van de graanprijs van 1992/93 (0,39 gulden/kg) en een verdubbeling van de stikstofprijs. De stikstofprijs zal 2,36 gulden per kg bedragen;
4. voor het jaar 1995/96. De graanprijs zal dalen naar een niveau van 0,27 gulden per kilogram wintertarwe. De stikstofprijs wordt verdubbeld tot een niveau van 2,36 gulden per kg.

Uitgangspunt bij de scenario's is dat de marginale kosten van toediening van de inputs constant blijven. In tabel 3.10 worden de resultaten van de scenario's en het basisscenario (gemiddelde 1981-1990) weergegeven. De prijzen zijn de uitgangspunten voor de berekening; het verbruik van inputs en de produktie van wintertarwe zijn berekende waarden. Opgemerkt moet worden dat voor de berekening van de produktie in het basisscenario de constante term een gemiddelde is van de constante plus de dummy van ieder jaar afzonderlijk. Voor alle scenario's is de constante term gebruikt van het meest recente jaar (1990), zijnde  $4.005 + 778 = 4.783$  kg.

*Tabel 3.10 Verbruik van inputs en produktie van winterarwe bij diverse prijsverhoudingen in het Zuidwestelijk kleigebied*

Scenario	Prijs (gld/kg)		Verbruik inputs		Produktie winterarwe (kg/ha)
	winterarwe	stikstof	stikstof (kg/ha)	pesticiden (gld/ha)	
Basis (1981-1990)	0,48	1,36	216	277	7.973
Scenario 1	0,39	1,18	212	238	8.199
Scenario 2	0,27	1,18	188	147	7.730
Scenario 3	0,39	2,36	165	238	7.968
Scenario 4	0,27	2,36	121	147	7.254

Bron: eigen berekeningen.

Het basisscenario geeft een opbrengst van 7.973 kg winterarwe per hectare. Scenario 1 geeft de inzet van inputs en de produktie weer van 1992/93 bij huidige prijsverhoudingen. De kosten van pesticiden zijn berekend op basis van het prijsniveau in 1990.

Scenario 2 geeft een verminderde input voor zowel stikstof als pesticiden weer. De stikstofgift daalt met 11%, de input van pesticiden met 38% en de produktie van graan met 6% per hectare ten opzichte van 1992/93. Fuchs & Schanzenbächer (1992) komen voor Duitsland tot een halvering van de stikstofgift bij een prijs van winterarwe van 25 DM/100 kg.

Scenario 3 en 4 laten de effecten zien van een verdubbeling van de stikstofprijs bij verschillende graanprijzen. Een verdubbeling van de stikstofprijs geeft een reductie van de inzet van stikstof van 22% (graanprijs f 0,39) en 36% (graanprijs f 0,27). De graanproduktie daalt onder invloed van lagere prijzen van graan, een verdubbeling van de stikstofprijzen en verlaging van de pesticidenkosten met 12%. Ongunstiger prijsverhoudingen beïnvloeden de inzet van stikstof en pesticiden dus aanzienlijk, maar de opbrengsten per hectare zullen zelfs bij een forse daling van de graanprijs en een verdubbeling van de stikstofprijs, slechts met ongeveer 10% dalen. Binnen enkele jaren zal een dergelijke opbrengstreductie tenietgedaan zijn door de stijging van de produktie per hectare als gevolg van technische ontwikkeling.

Deze resultaten verschillen niet veel met wat De Koning et al. (1992) veronderstelt met betrekking tot de vermindering van inputs en het effect daarvan op de opbrengst. Reducties in het middelenverbruik leiden tot geen of gering (max. 15%) produktieverlies.

De prijselasticiteit van stikstof in het traject 190 tot 225 kg stikstof per hectare is -0,38 tot -0,18. Een hogere prijs van stikstof leidt tot een lager ver-

bruik van de meststof. Deze waarden komen overeen met waarden in andere studies die eveneens gebaseerd zijn op de optimaliseringsbenadering, uitgaande van gewasspecifieke responsfuncties (Doluschitz, 1992; England, 1986).

De eigen prijselasticiteit van wintertarwe is 0,19. De kruiselingse elasticiteit van de prijs van graan op de N-input is 0,41 en op de pesticiden-input 1,24. De kruiselingse elasticiteit van de prijs van stikstof op de opbrengst per hectare is -0,03.

### 3.3.6.7 Resultaten Noordelijk kleigebied

Op dezelfde wijze als voor het Zuidwestelijk kleigebied is voor het Noordelijk kleigebied een analyse uitgewerkt. In deze paragraaf worden beknopt de resultaten weergegeven en wordt een vergelijking gemaakt met het Zuidwestelijk kleigebied. Uitgebreidere informatie is te vinden in bijlage 3.

Het totaal aantal waarnemingen uit de periode 1981-1990 bedraagt 508 bedrijven. Een bedrijf met een extreem lage kg-opbrengst per hectare en een ontbrekende waarde voor de stikstofgift is buiten beschouwing gelaten.

Bovendien zijn de bedrijven die niet als meest voorkomende grondsoort zeeklei hebben, buiten beschouwing gelaten (21 bedrijven). De totale dataset bevat uiteindelijk 486 bedrijven.

In vergelijking met het Zuidwestelijk kleigebied is in het Noordelijk kleigebied het areaal wintertarwe per bedrijf groter, en zijn de opbrengst per hectare, de N-gift per hectare (zowel voor het gehele bedrijf als voor wintertarwe), de pesticidenkosten per hectare en de totale variabele inputkosten per hectare lager. De kg-opbrengsten en de prijzen van wintertarwe zijn gecorrigeerd voor vochtgehalte en dus vergelijkbaar.

Vergeleken met de graantelende akkerbouwbedrijven in het Zuidwestelijk kleigebied worden in het Noordelijk kleigebied veel minder fungiciden verbruikt. Ook het verbruik van groeiregulatoren en herbiciden is lager. Verklaringen hiervoor kunnen zijn de invloed van het bouwplan, de ziektedruk, de rassenkeuze en de ondernemersstijl. Hogere prijzen zorgen desalniettemin voor een kostenpost die slechts zo'n 15 gulden lager is dan in het Zuidwestelijk kleigebied.

De prijzen van wintertarwe zijn in het Noordelijk kleigebied iets hoger dan in het Zuidwestelijk kleigebied. Dat hangt waarschijnlijk samen met het feit dat in het noorden meer graan op het eigen bedrijf bewaard wordt.

De enkelvoudige produktiefunctie heeft significant van nul verschillende coëfficiënten voor de totale inputkosten. In vergelijking met de produktiefunctie van het Zuidwestelijk kleigebied (relatie 3.8) heeft deze functie een lagere constante, een hogere coëfficiënt voor T1 (steilere lijn) en een kleinere coëfficiënt voor de kwadratische term van T1 (minder strenge afbuiging van de lijn). Voor de produktie van wintertarwe betekent dit dat zonder inputs een lagere opbrengst gerealiseerd wordt. De reactie van de opbrengst op de inputs is sterker dan in het Zuidwestelijk kleigebied. Een ver-

klaring hiervoor zou kunnen zijn dat door een gemiddeld lager verbruik van organische mest de bodemvoorraad minder is en de reactie van de opbrengst op de N-gift groter is.

Gemiddeld over 10 jaar liggen de werkelijke en optimale inputkosten niet ver uit elkaar: de optimale inzet is zo'n 50 gulden per hectare hoger dan het werkelijke niveau.

In tegenstelling tot het Zuidwestelijk kleigebied is in het Noordelijk kleigebied het werkelijke inputniveau gemiddeld lager dan het optimale inputniveau. Een verklaring hiervoor is dat in het model geen rekening wordt gehouden met de toedieningskosten van extra inputs. Het verloop van de produktiefunctie van het Noordelijk kleigebied (steiler en flauwere kromming) ten opzichte van die van het Zuidwestelijk kleigebied geeft een hogere optimale inzet van inputs. De R-kwadraat is voor beide regio's ongeveer 0,4. De niet-verklaarde variatie in de opbrengst is te verklaren uit andere factoren dan variabele inputkosten. Deze kunnen per regio verschillend zijn. De maximale opbrengst volgens deze produktiefunctie is 7.914 kg wintertarwe bij variabele inputkosten van 1.333 gulden per hectare. (Vergelijk Zuidwestelijk kleigebied: 8.148 kg wintertarwe bij 1.173 gulden variabele inputkosten.)

Schatting van de meervoudige produktiefunctie voor het Noordelijk kleigebied levert het volgende resultaat op. De coëfficiënten zijn alle significant verschillend van nul, behalve de coëfficiënt van de kwadratische term van de pesticidenkosten. Er is sprake van afnemende meeropbrengsten met betrekking tot de inzet van stikstof en pesticiden. De correlatie tussen stikstofgift en pesticidenkosten van 0,41 is niet hoog te noemen. De coëfficiënten voor stikstof zijn beide groter dan die van het Zuidwestelijk kleigebied, de beide pesticidencoëfficiënten lager. De orde van grootte van de coëfficiënten verschilt echter niet veel. De R-kwadraat is 0,48.

De eigen prijselasticiteit van stikstof is in het traject 175 tot 230 kg per hectare: -0,49 tot -0,17. Deze elasticiteit verschilt niet veel van die in het Zuidwestelijk kleigebied. De kruislingse prijselasticiteit van de wintertarweprijs en de stikstofgift is 0,24 (vgl. Zuidwestelijk kleigebied 0,41).

Een daling van de wintertarweprijs met 34% (tot een niveau van 27 cent/kg) geeft een lagere stikstofinput van 8%. Een verdubbeling van de stikstofprijs geeft een vermindering van 14% van de stikstofgift. (vergelijk Zuidwestelijk kleigebied 11%, resp. 22%) De kwadratische term van de pesticidenkosten is niet significant van nul verschillend. Het is niet verantwoord om op basis van deze relatie uitspraken te doen over pesticideninput, de invloed van prijsveranderingen en de produktie op basis van optimale inputs.

### **3.4 De geïntegreerde akkerbouw**

#### **3.4.1 Inleiding**

De geschatte produktiefuncties van granen (zie paragraaf 3.3), met name van wintertarwe, zijn input/output-relaties van de gangbare land-

bouw. Kenmerkend voor deze produktiewijze is het streven naar een hoge produktie en als gevolg daarvan een hoog verbruik van meststoffen en chemische gewasbeschermingsmiddelen. De geïntegreerde landbouw daarentegen beoogt meerdere doelstellingen naast inkomensmaximalisatie, namelijk meer aandacht voor het milieu op en rond de akkers, kostenbesparing op inputs en kwaliteitsverbetering van produkten. Gezien de verschillen in doelstelling tussen de gangbare en de geïntegreerde akkerbouw, is het aannemelijk dat de niveaus van de inputs en de combinaties van inputs ook zullen verschillen. De produktiefuncties van deze teelten zullen er daarom ook anders uitzien (meerdere inputs, andere coëfficiënten), terwijl de prijs-verhouding tussen inputs en outputs niet wezenlijk anders is dan bij de gangbare akkerbouw.

Deze paragraaf is bedoeld om enig inzicht te geven in de verschillen tussen de gangbare en geïntegreerde akkerbouw op basis van literatuur. Er zijn geen schattingen van produktiefuncties gemaakt voor de groep van ongeveer 40 geïntegreerde akkerbouwbedrijven waarvan informatie in LEI-DLO-boekhoudingen is vastgelegd. De reden daarvoor is dat de bedrijven over een aantal regio's verspreid liggen en het aantal bedrijven per regio te klein is om een redelijke schatting uit te kunnen voeren. Clustering van regio's is niet gedaan omdat de teeltwijze van wintertarwe verschilt per regio. Deze paragraaf beperkt zich zoveel mogelijk tot het gewas wintertarwe.

Paragraaf 3.4.2 geeft een overzicht van de doelstellingen van de geïntegreerde akkerbouw in het algemeen, en de wintertarweteelt in het bijzonder en de schaal waarop de geïntegreerde teelt in Nederland bedreven wordt. De tekst in deze paragraaf is voornamelijk ontleend aan Wijnands, (1992a). Paragraaf 3.4.3 geeft de verschillen aan tussen gangbare en geïntegreerde teelt van wintertarwe en enkele resultaten. Tot slot wordt in paragraaf 3.4.4 iets over de produktiefunctie gezegd.

### 3.4.2 Doelstelling en omvang

De eenzijdige doelstelling van de landbouw (maximalisatie inkomen) heeft geleid tot een hoge produktie, een nauwe vruchtwisseling en een hoog verbruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen in de Nederlandse akkerbouw. De gevolgen van deze intensieve landbouw zijn onder andere het EU-graanoverschot, EU-budgettaire problemen en de schade aan het milieu als gevolg van overmatig gebruik van inputs. Het formuleren van een landbouw met een verbrede doelstelling, dus meer dan alleen winstmaximalisatie is één van de alternatieven om deze problemen te lijf te gaan. In Nederland is daartoe het bedrijfssystemen-onderzoek opgestart. Kenmerkend daarbij is de integrale aanpak van methoden en technieken die het hele landbouwbedrijf omvat. De geïntegreerde akkerbouw, als één van de bedrijfssystemen, streeft naar een accentverschuiving van opbrengstverhoging naar kostenbeheersing en kwaliteitsverbetering van produkt en produktieproces, door beperking van kunstmestverbruik en door bestrijdingsmiddelen zo veel mogelijk te vervangen door kennisintensieve en niet-chemische methoden (De Jonge, 1988). Dit met behoud van het economisch



rendement en met het oog op een maximale vermindering van de milieubelasting. Op drie lokaties in Nederland (de proefbedrijven: Nagele, Borgerswold en Vredepeel) wordt gedurende een aantal jaren het bedrijfssysteem-onderzoek verricht. Vanaf 1990 wordt op een 38-tal praktijkbedrijven, zogenaamde "innovatiebedrijven", op geïntegreerde wijze geteeld. In een vierjarig project worden deze bedrijven begeleid en worden de bedrijfsresultaten geanalyseerd en vergeleken met een vergelijkbare groep bedrijven uit het LEI-Boekhoudnet.

Specifiek voor de geïntegreerde teelt van granen zijn de volgende aandachtspunten:

- rassenkeuze op grond van opbrengstpotentieel, legeringsgevoeligheid, vatbaarheid voor ziekten en plagen. Een snelle begin-ontwikkeling is gewenst in verband met de onkruiddruk;
- zaaitijdstip en -wijze. Verlate inzaai verlaagt ziektedruk. Een ruime rijafstand vergemakkelijkt het eggen en schoffelen;
- verlaagd bemestingsniveau en het gebruik van stikstofvensters;
- mechanische onkruidbestrijding (eg, schoffel) eventueel aangevuld met herbiciden;
- ziekten en plagen worden bestreden aan de hand van het gebruik van schadedrempels. Alleen systemische fungiciden en selectieve insecticiden (verlaagde dosering) kunnen worden gebruikt.

In de volgende paragraaf worden de teeltwijze en de resultaten van de graanteelt gepresenteerd.

### 3.4.3 Verschillen geïntegreerde en gangbare wintertarweteelt

#### 3.4.3.1 Inleiding

Uit de voorgaande paragraaf bleek dat de doelstellingen van de twee produktiesystemen verschillend zijn. In deze paragraaf wordt gekeken naar de resultaten en de teeltwijze van beide systemen. Er zal alleen gekeken worden naar het niveau van de inputs en de opbrengst van wintertarwe. Eerst wordt een aantal resultaten gegeven van de drie proefbedrijven die een geïntegreerd teeltsysteem hanteren. Vervolgens worden de resultaten van de innovatiebedrijven geanalyseerd.

#### 3.4.3.2 Proefbedrijven

De geïntegreerde graanteelt beoogt een minimaal verbruik van *gewasbeschermingsmiddelen*. Uit tabel 3.11 blijkt dat een reductie van 43% tot 81% van de kg actieve stof gerealiseerd is in de wintertarweteelt. Het gebruik van herbiciden wordt deels vervangen door mechanische onkruidbestrijding. Voor ziekten en plagen wordt het geleide bestrijdingssysteem gehanteerd. Door middel van schadedrempels wordt bepaald wanneer een bestrijding plaatsvindt. Zowel insecticiden als groeiregulatoren worden niet meer gebruikt.

*Tabel 3.11 Inzet van chemische bestrijdingsmiddelen (kg/ha werkzame stof) in wintertarwe in het gangbare (GA) en geïntegreerde (GI) bedrijfssysteem op het OBS te Nagele (1986-1990), Borgerswold (1986-1990) en de Vredepeel (1989-1991)*

	OBS Nagele		Borgerswold		Vredepeel	
	GA	GI	GA	GI	GA	GI
Herbiciden	3,7	1,2	2,0	0,8	2,7	0,0
Fungiciden	2,3	0,3	2,5	1,7	2,9	1,0
Insecticiden	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Groeiregulator	> 0	0,0	> 0	0,0	> 0	0,0
Totaal (exclusief groeireg.)	6,1	1,5	4,6	2,6	5,7	1,1

Bron: Wijnands, 1992b.

De bemesting van de wintertarweteelt is gericht op de behoefte van het gewas, waarbij rekening wordt gehouden met de N-levering uit de bodem. In het algemeen wordt een verlaagd bemestingsniveau aangehouden. Een vergelijking van het gangbare en geïntegreerde systeem op het OBS te Nagele geeft voor het hele bedrijfssysteem een reductie aan van 30% voor stikstof (tabel 3.12). Voor kali en fosfaat geldt een reductie van 32% respectievelijk, 26% (Wijnands, 1992b).

*Tabel 3.12 Inzet van meststoffen (kg/ha) op het gehele bedrijf in het gangbare (GA) en geïntegreerde (GI) bedrijfssysteem op het OBS te Nagele (1986-1990), Borgerswold (1986-1990) en de Vredepeel (1989-1991)*

	OBS Nagele		Borgerswold		Vredepeel	
	GA	GI	GA	GI	GA	GI
Stikstof	208	146	252	178	317	188
Fosfaat	100	74	88	74	138	74
Kali	221	150	185	132	253	161

Bron: Wijnands, 1992b.

Opmerkelijk is het aandeel organische mest in het totaal van de inzet van meststoffen. Het aandeel van organische mest is voor N 70% (GA 42%), voor  $P_2O_5$  100% (GA 72%) en voor  $K_2O$  55% (GA 36%) op het OBS te Nagele. Dit is conform het streven naar (her)gebruik van organische meststoffen in het geïntegreerde teeltsysteem. De verandering in de bemestingskosten in de geïntegreerde teelt van wintertarwe ten opzichte van de gangbare teelt

bedraagt -26% voor het OBS te Nagele, -30% voor Borgerswold en +13% voor de Vredepeel in de genoemde periodes. Een betere afstemming van de nutriëntengift op de behoefte van winter tarwe heeft op de Vredepeel geleid tot een vermindering van de organische bemesting en een verhoging van de kunstmestgift. Per saldo leidt dit tot hogere bemestingskosten per hectare winter tarwe (Bos et al., 1992) (zie tabel 3.13). De totale toegerekende kosten van bemesting, gewasbescherming en zaaizaad liggen ongeveer 200 gulden lager bij de geïntegreerde teelt. De kilogramopbrengst per hectare van de geïntegreerde teelt ligt ongeveer 1.000-1.500 kg lager dan voor de gangbare teelt.

*Tabel 3.13 Overzicht kosten en opbrengsten van een gangbare en een geïntegreerde winter tarweteelt op het OBS te Nagele (1986-1990), Borgerswold (1988-1990) en de Vredepeel (1990-1991)*

	OBS Nagele		Borgerswold		Vredepeel	
	GA	GI	GA	GI	GA	GI
Opbrengst (kg/ha)	8.100	7.100	7.200	5.900	7.100	5.700
Toegerekende kosten (gld/ha)	880	630	820	610	640	440
waarvan:						
- meststoffen	380	280	300	210	80	90
- zaaizaad	210	210	200	220	200	200
- gewasbescherm.	160	60	170	130	220	150
- onkruidbestr.	130	80	150	50	140	0
Saldo (gld/ha)	2.790	2.560	2.290	2.090	2.070	1.710

Bron: Bos et al., (1992).

Er zijn geen noemenswaardige verschillen in de opbrengstprijs van winter tarwe tussen gangbare en geïntegreerde teelt. Het saldo per hectare is het verschil tussen de kg-opbrengst per hectare maal de prijs per kg en de toegerekende kosten per hectare. Het saldo van het geïntegreerde systeem is op alle drie de locaties enkele honderden gulden per hectare lager dan het saldo van het gangbare systeem. Het verlies aan opbrengst wordt maar ten dele gecompenseerd door lagere toegerekende kosten.

De arbeidsbehoefte op de drie proeflokaties is groter bij het geïntegreerde systeem dan bij het gangbare systeem. Vooral het wieden in de suikerbieten en schorseneren is daar debet aan (Wijnands, 1992b). Tussen de geïntegreerde en gangbare teelt van winter tarwe is geen duidelijk verschil in arbeidsbehoefte geconstateerd op deze proefbedrijven (De Jonge, 1988).

### 3.4.3.3 Innovatiebedrijven

In het innovatiebedrijvenproject worden de bedrijfsresultaten getoetst op teelttechnische, milieukundige en economische criteria. Ook de haalbaarheid van geïntegreerde akkerbouw op innovatiebedrijven wordt getoetst. De doelstelling van dit project is het evalueren en introduceren van geïntegreerde akkerbouw in de praktijk. Tabel 3.14 geeft een overzicht van gemiddelden van technische en economische resultaten van enerzijds de innovatiebedrijven en anderzijds de wintertarwetelende bedrijven in het LEI-Boekhoudnet.

*Tabel 3.14 Gemiddelde resultaten van de wintertarweteelt van wintertarwetelende bedrijven in Nederland (exclusief innovatiebedrijven) en van innovatiebedrijven. Jaren 1990 en 1991*

	1990		1991	
	bedrijven exclusief in- novatiebedrijven	innovatie- bedrijven	bedrijven exclusief in- novatiebedrijven	innovatie- bedrijven
Aantal bedrijven	295	29	261	27
Ha wintertarwe	15,7	12,2	13,9	13,7
Opbrengst (kg/ha)	7.512	7.134	7.663	7.501
N-gift/ha	162	136	168	152
Toegerekende kosten (gld/ha)	839	636	858	684
waarvan:				
- meststoffen	296	211	312	251
- zaaizaad	188	174	189	182
- gewasbescherm.	193	138	185	143
- onkruidbestr.	162	113	172	108

Bron: LEI-Boekhoudnet, 1990 en 1991.

De resultaten van beide boekjaren geven aan dat de kg-opbrengsten van de geïntegreerde wintertarweteelt lager zijn dan bij vergelijkbare LEI-bedrijven. De kosten voor meststoffen, ziekte- en onkruidbestrijding zijn ook lager dan op LEI-bedrijven. De reductie in variabele kosten is zowel in 1990 als in 1991 voldoende om het verlies aan opbrengst te compenseren. Eventuele extra kosten van bijvoorbeeld arbeid of mechanisatie zijn daarbij echter buiten beschouwing gelaten. De hogere stikstofgift op innovatiebedrijven in 1991 ten opzichte van 1990 heeft een positief effect op de op-

brengst. Uit de resultaten van het bedrijfssystemenonderzoek te Nagele (zie paragraaf 3.4.3.2) blijkt echter dat in veel jaren het verlies aan opbrengst in wintertarwe niet wordt gecompenseerd door een besparing op inputs. Het is mogelijk dat de groep innovatiebedrijven niet geheel representatief is voor alle bedrijven. Gedurende een driejarige periode voorafgaand aan het innovatieproject behaalden de innovatiebedrijven gemiddeld hogere of vergelijkbare kg-opbrengsten voor alle gewassen.

Het gewas wintertarwe omvat gemiddeld ongeveer 24% van het akkerbouwareaal van innovatiebedrijven in 1990 en 1991. Uit de voorgaande alinea blijkt dat voor wintertarwe in beide jaren een verbetering van het saldo optreedt bij een geïntegreerde teelt. Voor suikerbieten en aardappelen is een saldovergelijking gemaakt tussen de groep innovatiebedrijven en een vergelijkbare groep uit het LEI-Boekhoudnet voor het jaar 1990.

Voor suikerbieten geldt dat de innovatiebedrijven in 1990 een vergelijkbare of iets lagere kg-opbrengst hebben dan een vergelijkbare LEI-groep, maar een hoger saldo behalen als gevolg van lagere toegerekende kosten en een hogere prijs voor de suikerbieten (Wijnands, 1992a). Voor pootaardappelen zijn er regionale verschillen in saldi. In het Noordelijk kleigebied is de opbrengst minus toegerekende kosten op innovatiebedrijven op gelijk niveau met een vergelijkbare LEI-groep. Dit is het gevolg van een iets lagere kg-opbrengst, een hogere opbrengstprijs per kg, hogere uitgaven voor pootgoed en lagere uitgaven voor meststoffen en pesticiden. In het Centraal kleigebied worden de lagere kg-opbrengsten in combinatie met een lagere opbrengstprijs per kg niet gecompenseerd. De toegerekende kosten zijn per saldo gelijk als gevolg van hogere pootgoed- en lagere meststoffen- en pesticidenkosten. Voor de consumptie-aardappelenteelt geldt ook dat er regionale verschillen zijn. In het Centraal en Zuidwestelijk kleigebied hebben innovatiebedrijven in vergelijking met een LEI-groep een iets hogere kg-opbrengst, een vergelijkbare of hogere opbrengstprijs per kg, lagere toegerekende kosten en dus een hoger saldo. Innovatiebedrijven in Zuidoost Nederland hebben zowel een lagere kg-opbrengst als opbrengstprijs per kg die niet meer geheel wordt gecompenseerd door een besparing op de inputs.

Op bedrijfsniveau zijn de bedrijfseconomische resultaten van 1990 niet slechter dan bij de gangbare landbouw, echter om meer betrouwbare uitspraken te doen is een meerjarige analyse nodig (Wijnands, 1992a).

Op de innovatiebedrijven neemt de arbeidsbehoefte toe, zowel voor het algehele bedrijfsmanagement als voor de veldwerkzaamheden. Echter, er wordt ook extra tijd gestoken in de kennisopbouw van de geïntegreerde teelt. Geconcludeerd wordt dat de geïntegreerde akkerbouw waarschijnlijk meer betrokkenheid en expertise van de ondernemers vraagt dan de gangbare landbouw (Wijnands, 1992a).

#### 3.4.4 De invloed van prijsverhoudingen

In paragraaf 3.3 zijn produktiefuncties geschat voor de graanteelt in het Zuidwestelijk en Noordelijk kleigebied. Impliciet uitgangspunt daarbij is

dat - ondanks verschillen tussen bedrijven qua grondsoort, management, en dergelijke - de input/output-relatie voor alle bedrijven te beschrijven is met behulp van één functie.

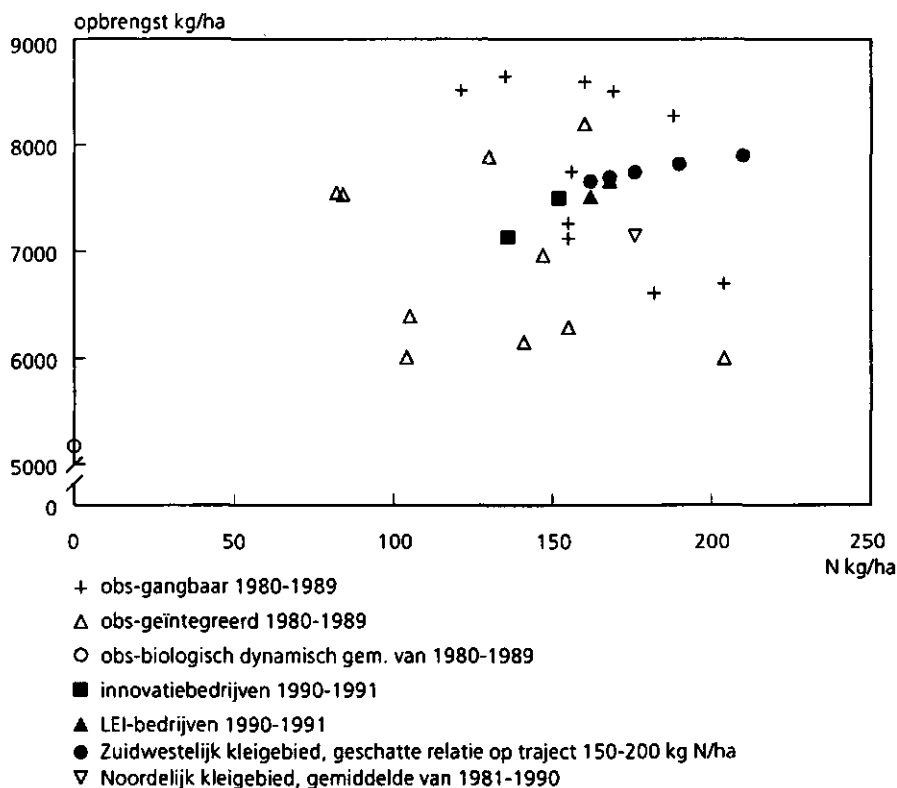
Input/output-relaties geven vrijwel altijd een partieel beeld van het productieproces, bijvoorbeeld de relatie tussen enerzijds de inzet van stikstof en pesticiden en anderzijds de tarwe-opbrengst. Uiteraard is de "ligging" van deze relaties afhankelijk van andere produktiefactoren (neerslag, inzet arbeid en machines, kennis en dergelijke). Een andere productieomgeving dan de gangbare leidt dan tot een andere relatie tussen variabele inputs en output. Zo bezien hoort bij de geïntegreerde teelt een andere input/output-relatie dan bij de gangbare teelt.

Worden input/output-relaties breder opgevat, namelijk als de relatie tussen *alle* productie beïnvloedende factoren/inputs en een bepaalde output(bundel), dan zouden alle productie-systemen in een input/output-relatie kunnen worden beschreven. Dit is echter een theoretische optie, omdat dan alle productie beïnvloedende factoren (arbeid, kennis, grondsoort, regenval, kwaliteit zaaizaad, ras, bouwplan enzovoort) in een functie moeten worden meegenomen. In de praktijk zal dan ook gewerkt moeten worden met partiële input/output-relaties, gegeven een bepaalde productie-omgeving. De input/output-relatie voor geïntegreerde akkerbouw verschilt daarvoor van die van de gangbare landbouw.

Op basis van de beschikbare informatie is het niet mogelijk om input/output-relaties voor de geïntegreerde akkerbouw te schatten. Waar al vragen te stellen zijn bij de veronderstelling van een input/output-relatie voor alle bedrijven in de gangbare landbouw, zijn die nog sterker te stellen ten aanzien van de groep van veertig "innovatiebedrijven" die verspreid over Nederland liggen en niet allemaal in hetzelfde stadium van geïntegreerdheid verkeren. Figuur 3.5 geeft aan hoe de stikstof/graaanopbrengst-verhouding in enkele bedrijfssystemen.

De resultaten van de proefbedrijven en de innovatiebedrijven wijzen erop dat de graanprijs zeker tot onder de 25 cent per kg moet dalen om bij de geïntegreerde teelt een saldo per hectare te halen dat vergelijkbaar is met de gangbare teelt (tabel 3.13 en 3.14). Dat betekent echter niet automatisch dat overgeschakeld zal worden naar geïntegreerde systemen. De grotere arbeids-, kennis- en werktuigenbehoefte brengt namelijk ook de nodige extra kosten en inspanningen met zich mee.

Indien echter geïntegreerde teelt vanuit de randvoorwaarden van het milieubeleid of vanuit de voorwaarden die de markt dicteert, steeds meer onontkoombaar wordt, zal het economische effect van omschakeling veel geringer worden. De lagere graanprijzen en de daarbij behorende (gedeeltelijke) vergoeding in de vorm van hectaretoeslagen, maken een stringenter milieubeleid een stuk haalbaarder.



*Figuur 3.5 Stikstof/graanopbrengst-combinaties voor enkele systemen, gebieden en jaren*

Bron: PAGV en LEI-Boekhoudnet.

### 3.5 Milieu-effecten

De effecten van de teelt van granen op het milieu zijn vooral gelegen op het terrein van de nutriënten en de gewasbeschermingsmiddelen. Overbemesting of een onjuist tijdstip van beschikbaarheid van nutriënten kan leiden tot het niet opnemen van deze nutriënten door het gewas. Bij de gewasbeschermingsmiddelen zijn het vooral de emissies naar bodem, water en lucht die voor schade kunnen zorgen.

De gemiddelde gift per hectare wintertarwe voor heel Nederland in 1991 bedroeg zo'n 170 kg zuivere stikstof. Akkerbouwgewassen als consumptie-, poot-, fabrieksaardappelen en suikerbieten krijgen een stikstofgift van respectievelijk 296, 139, 226 en 174 kg (Kavelaars, 1993).

De N-recovery van wintertarwe is hoog, namelijk 63%. Aardappelen en maïs hebben een lage N-recovery (beide 48%) en suikerbieten een hoge, namelijk 73% (Schröder, 1993).

De N-harvest-index is het percentage van de opgenomen stikstof dat zich in de te oogsten delen van het gewas bevindt. De N-harvest-index voor wintertarwe en aardappelen is 80%. Daarentegen is de N-harvest-index voor maïs en voor suikerbieten laag, namelijk 52%, respectievelijk 42% (Schröder, 1993). In vergelijking met andere gewassen gaat wintertarwe efficiënt om met stikstof en laat weinig resterende stikstof achter in de bodem, ondanks het relatief korte groeiseizoen van wintertarwe. Het uitgangspunt is hierbij wel dat volgens een optimaal niveau bemest wordt. Deze kengetallen zijn enigszins vertekend door het feit dat ze niet alleen gewasspecifiek zijn. Bij de teelt van hakvruchten wordt meer gebruik gemaakt van organische mest dan bij de granen, wat een minder efficiënt gebruik van stikstof kan veroorzaken.

Het verbruik van pesticidenmiddelen bedroeg in Nederland in 1990/91 gemiddeld 8,1 kg werkzame stof per hectare wintertarwe. In vergelijking met andere gewassen zoals consumptie-, poot-, en fabrieksaardappelen en suikerbieten, die respectievelijk 36, 53, 113 en 11 kg werkzame stof pesticiden per hectare verbruiken (Kavelaars, 1993), zijn in de wintertarweteelt middelen minder middelen toegediend.

In paragraaf 3.3.6.6 is de optimale inzet van stikstof en pesticidenkosten bepaald aan de hand van veranderende prijzen van wintertarwe en van stikstof voor het Zuidwestelijk kleigebied. Lagere graanprijzen leiden tot een iets lager verbruik van stikstof en fors lagere pesticidenkosten. Een heffing van 100% op de prijs van stikstof leidt tot een lager stikstofverbruik van 20-35%, afhankelijk van het prijsniveau van granen. Een lagere inzet van stikstof leidt tot een lagere resterende hoeveelheid stikstof in de bodem per hectare en per eenheid van de opbrengst (Schröder, 1993). De verlaging van de N-gift leidt tot een verminderde stikstofuitspoeling (Groot & Verberne, 1990). Deze vermindering is echter iets kleiner dan de verlaging van de N-gift.

Lagere N-giften zorgen ervoor dat het minder aantrekkelijk is om de stikstofgift te verdelen over het groeiseizoen. Immers, arbeids- en materiele kosten per kilogram stikstof zijn hoger bij driemaal een kleine hoeveelheid stikstof toedienen dan bij één- of tweemaal een grotere hoeveelheid. Een minder verdeelde N-gift over het groeiseizoen geeft een lagere opbrengst, als gevolg van een slechtere beschikbaarheid van stikstof op het juiste moment, en kan leiden tot relatief meer uitspoeling.

Forse besparingen op de pesticidenkosten (38% in het Zuidwestelijk kleigebied) zullen leiden tot een lager verbruik van middelen. De emissies van gewasbeschermingsmiddelen naar de bodem, lucht en water zullen ook lager zijn. Spiertz en Ellen (1979) noemen de interactie tussen de inzet van fungiciden en de reactie van het gewas op stikstof. Een gezonder gewas neemt meer stikstof op en heeft een hoger aandeel stikstof in de korrel. Deze interactie-coëfficiënt is niet aangetoond in het empirisch onderzoek (zie paragraaf 3.3.6.4).



### 3.6 Conclusies

Deze studie richt zich op de relatie tussen de produktie van wintertarwe (kg/ha) in het Zuidwestelijk en Noordelijk kleigebied en het verbruik van de variabele inputs stikstof (kg/ha) en de kosten van pesticiden (gld/ha). Eerst is een produktiefunctie geschat en de optimale set inputs berekend. Vervolgens is een viertal scenario's doorgerekend.

Er is een schatting gemaakt waarbij de kg-opbrengst verklaard wordt uit de totale variabele kosten (meststof-, pesticiden en zaaizaadkosten). De conclusie is dat het werkelijke inputniveau redelijk in de buurt ligt van het optimale inputniveau. Er zijn geen grote verschillen geconstateerd tussen de gebieden Zuidwestelijk klei en Noordelijk klei. Er zijn wel verschillen per jaar.

De geschatte meervoudige produktiefunctie voor het Zuidwestelijk kleigebied heeft significante coëfficiënten die een afnemende meeropbrengst voorstellen. Een vergelijkbare produktiefunctie is geschat voor het Noordelijk kleigebied, waarbij niet alle coëfficiënten significant bleken. Optimalisering van de inputs, waarbij saldomaximalisatie voorop staat leidt, in vergelijking met het werkelijke niveau, tot een afwijking van de stikstofgift van -11% en een afwijking van pesticiden van 26% voor het Zuidwestelijk kleigebied.

De kosten van pesticiden geven een betere schatting van de opbrengst van wintertarwe dan de kg werkzame stof van pesticiden. Een ondernemer is eerder geneigd naar de kosten van een bestrijding te kijken dan naar de benodigde kilogrammen van een bepaald middel.

Ten aanzien van veranderende prijsverhoudingen is de conclusie dat een graanprijsdaling volgens het Mac Sharry-beleid een daling van de inputs veroorzaakt in het Zuidwestelijk kleigebied van 11% voor stikstof en 38% voor pesticidenkosten. De graanproduktie daalt als gevolg van verminderde inputs met 6%. Voor het Noordelijk kleigebied is een soortgelijke daling van de stikstofinput te verwachten.

Een heffing van 100% op de prijs van stikstof leidt in het zuidwesten tot een lager stikstofverbruik van 22%. De opbrengst daalt met 3%. Voor het noorden is een daling van stikstofinput berekend van 14%.

### 3.7 Discussie

In deze paragraaf wordt een aantal belangrijke keuzes in de analyse van het LEI-Boekhoudnet toegelicht. Het betreft de afbakening van de analyse, de gehanteerde methode om het producentengedrag te bepalen, de invulling van de uiteindelijke produktiefunctie en tot slot de uitgangspunten bij de scenario's.

Zoals in paragraaf 3.3.4.1 is aangegeven is de analyse beperkt gebleven tot de teelt van wintertarwe in het Zuidwestelijk kleigebied en het Noordelijk kleigebied. Redenen hiertoe zijn het belang van een homogene groep van waarnemingen ten aanzien van klimaat en bodem en het feit dat

tussen de graansoorten de behoefte aan inputs nogal verschillend kan zijn. Het gevolg van een regionale afbakening is dat de resultaten ook uitsluitend voor die regio gelden en niet direct toepasbaar zijn op andere regio's. Dit geldt eveneens voor de graansoorten. Voor iedere graansoort zal op basis van de empirische gegevens een andere produktiefunctie gelden omdat de behoefte aan inputs, het opbrengstniveau en risico's verbonden aan de teelt verschillend zijn.

Het zou interessant zijn te bekijken hoe deze gekozen produktiefuncties en de optimale inputs voor wintertarwe in andere gebieden dan het Zuidwestelijk en Noordelijk kleigebied liggen. Verschillende graansoorten in beschouwing nemend kan misschien iets gezegd worden over de verschuiving van de graansoorten binnen de groep granen. Deze verschuiving zal dan plaatsvinden omdat de saldi van graansoorten veranderen. Deze verandering zal niet voor alle granen hetzelfde zijn, gezien de verschillende produktiefuncties. Zie ook Bouma en Krikke (1992). Niet alleen saldi maar ook bodem, bodemgeschiktheid, vruchtwisseling, watervoorziening, arbeidsbehoefte en kennis van de teelt zullen van invloed zijn op de keuze van een bepaald gewas. Conclusies die uitsluitend gebaseerd zijn op verschillen in saldi zullen een overschatting van de verschuiving binnen de granen geven.

In paragraaf 3.3.4 is gekozen voor een benadering van het producentengedrag volgens de methode van het bepalen van de produktiefunctie op gewasniveau en vervolgens het maximaliseren van het saldo. Een tweede optimalisatietechniek is de lineaire programmering. In een lineair programmeringsmodel kunnen ook andere restricties zoals vruchtwisseling, arbeidsfilm enz. worden geïmplementeerd. Deze factoren hebben niet zozeer een invloed op gewasniveau, maar wel op het bedrijfsniveau. Een verschuiving tussen gewassen en ook tussen graansoorten kan hiermee inzichtelijk gemaakt worden, in tegenstelling tot de methode die marginale opbrengsten en kosten per gewas gelijk maakt. In hoofdstuk 6 wordt nog op dit punt teruggekomen.

Een andere methode voor het bepalen van de inzet van produktiemiddelen is de econometrische benadering. Daarbij wordt de inzet van stikstof en pesticidenkosten direct geschat uit de prijs van stikstof en pesticiden. In bijlage 2 wordt deze methode toegepast op de graanteelt in het Zuidwestelijk kleigebied en het Noordelijk kleigebied. De berekende prijselasticiteiten voor stikstof zijn aanzienlijk hoger dan de elasticiteiten die voortvloeien uit de optimaliseringsbenadering op gewasniveau. Dat spoort met de resultaten uit andere studies die in hoofdstuk 2 zijn weergegeven.

De produktiefunctie is geschat op hectareniveau met zoveel mogelijk data op basis van fysieke eenheden. Het meenemen van de kosten van pesticiden is waardevoller gebleken dan de kilogrammen werkzame stof (paragraaf 3.3.6.5). Dit heeft tot gevolg dat alleen uitspraken gedaan kunnen worden over de inzet van pesticiden in monetaire eenheden. Een daling van de graanprijs heeft tot gevolg dat de kosten van pesticiden in dezelfde mate zullen afnemen, maar dit zegt niet alles over het effect van pesticideninput op de milieubelasting. Zo kunnen ondernemers bijvoorbeeld vaker goedkopere middelen gaan gebruiken. Substitutie van herbiciden door een mecha-

nische onkruidbestrijding - wat overigens weinig gebeurt in de praktijk - kan ook invloed hebben. Toch concludeert Kavelaars (1993) op basis van een "beperkte" analyse op bedrijfsniveau, dat er geen samenhang is tussen de moderniteit van mechanische onkruidbestrijdingsapparatuur en arbeidsinzet enerzijds en herbicidenverbruik anderzijds. Daarbij moet worden opgemerkt dat een hogere moderniteit van onkruidbestrijdingsapparatuur voorkomt op bedrijven met een intensiever bouwplan en een hoger middelenverbruik.

De stikstofinput als verklarende variabele is gedefinieerd in kilogrammen per hectare. Er is geen rekening gehouden met het tijdstip van strooien, de deling van de stikstofgift en de N-levering vanuit de bodem. Zowel wat betreft de pesticiden als de stikstof geldt dat geen rekening wordt gehouden met het management van de ondernemer. Totaal 41% van de variatie in de opbrengst in het Zuidwestelijk kleigebied wordt verklaard door deze twee inputs plus een dummy per jaar (Noordelijk kleigebied 48%). Negenenvijftig procent wordt blijkbaar verklaard door factoren die niet in de functie zijn opgenomen. Die overige factoren zijn management, waterbeschikbaarheid, temperatuur, kwaliteit van de bodem en dergelijke. De invloed van deze overige factoren is dus groter dan de invloed van stikstof en pesticiden.

In deze analyse is geen rekening gehouden met organische mest en de nalevering van stikstof door de bodem. In de toekomst kan het gebruik van organische mest aantrekkelijker worden als de prijs van kunstmeststikstof stijgt als gevolg van een heffing. De toedieningswijze en het tijdstip van aanwenden van organische mest en veranderende stikstofstromen in de bodem kunnen leiden tot een input/output-relatie die anders is dan de tot nu toe geschatte relatie. Bovendien zullen de relatieve verliezen naar het milieu groter kunnen worden door het gebruik van organische mest.

## 4. DE EFFECTEN VAN INPUTPRIJZEN EN DE HOOGTE VAN HET MELKQUOTUM OP DE INTENSITEIT VAN HET GRASLANDGEBRUIK

### 4.1 Inleiding

Sinds de invoering van de melkquotering in 1984 is de melkveehouderij gebonden aan een maximaal te produceren melkquotum. Gezien de lage marginale kosten voor de laatste liters melk in vergelijking tot de melkprijs zal het volmelken van het quotum het streven van de melkveehouder zijn en blijven. De produktie van melk zal dan ook in de toekomst gelijk zijn aan het dan geldende quotum ondanks een veranderende melkprijs of veranderende prijzen van de inputfactoren krachtvoer, ruwvoer en kunstmest. Dit in tegenstelling tot de produktie van akkerbouwgewassen waarbij de marginale kostprijs veel dichterbij de marginale opbrengstprijs ligt. Een verandering van de verhouding tussen de marginale kostprijs en de marginale opbrengstprijs kan leiden tot een verminderde inzet van inputfactoren waardoor de produktie daalt.

Het op peil houden van het bedrijfsresultaat via een uitbreiding van de melkproduktie is door de quotering moeilijker geworden, waardoor kostenbeheersing relatief belangrijker geworden is. Daar komt bij dat veel bedrijven, door een toename van de melkproduktie per koe en een daling van het melkquotum, in de eigen ruwvoerbehoefte kunnen voorzien of zelfs ruwvoer overhouden. Om het bedrijfsresultaat op peil te houden en/of een (dreigend) ruwvoeroverschot te voorkomen is een aantal aanpassingen in de bedrijfsvoering mogelijk:

- verlaging van de stikstofgift waardoor op de kosten van kunstmest wordt bespaard en de eigen ruwvoerproduktie daalt;
- verlaging van de krachtvoergift waardoor meer van het eigen ruwvoer wordt benut;
- aanhouden van extra jongvee of mestvee om meer eigen ruwvoer te benutten;
- zelf telen van krachtvoer, waardoor op krachtvoer kan worden bespaard.

Zoals uit tabel 4.1 blijkt, hebben bovengenoemde aanpassingen in de bedrijfsvoering al voor een deel plaatsgevonden. De krachtvoergift per koe en de N-kunstmestgift per hectare dalen, terwijl extra jongvee en mestvee per hectare wordt aangehouden. In hoeverre dit laatste een gevolg is van economisch rationele keuzes of van de behoefte de veestapel op peil te houden voor het verkrijgen van een hinderwetvergunning, is niet te achterhalen. Dat het aanhouden van extra jongvee (meer dan voor de vervanging van de melkveestapel nodig is) onrendabel is, blijkt uit onderzoek van De Haan en De Hoop (1991). In dat onderzoek is gerekend met vee prijzen uit

1988/89. Sindsdien zijn deze prijzen verder gedaald waardoor het aanhouden van extra jongvee of mestvee nog minder aantrekkelijk is geworden. Het aanhouden van extra jongvee kan in individuele gevallen wel aantrekkelijk zijn indien fokvee voor een hoge prijs verkocht kan worden. De verwachting is dat de rundvleesprijzen nog verder zullen dalen, mede onder invloed van het EU-landbouwbeleid.

*Tabel 4.1 Ontwikkeling van enkele kengetallen, betreffende de melkveehouderij van het gemiddelde landbouwbedrijf*

Boek- jaar	Aantal melk- koeien/ha	Gve overig weidevee/ha	Melk/ koe (kg)	Krachtvoer/ koe (kg) a	N-kunstmest/ha gras (kg zuiver)
1987/88	1,80	0,79	6.149	2.431	337
1988/89	1,75	0,79	6.297	2.336	332
1989/90	1,71	0,90	6.512	2.246	327
1990/91	1,67	1,01	6.547	2.243	294
1991/92	1,62	1,03	6.590	2.303	278

a) Alle rundveekrachtvoer.

Bron: Bedrijfsuitkomsten in de landbouw (BUL).

Het percentage overige voederoppervlakte (niet grasland) van de totale oppervlakte is in de periode 1988/89 tot en met 1991/92 gestegen van 13,1% naar 14,4% (BUL). Het grootste deel hiervan bestaat uit snijmais. De krachtvoervangers voederbieten, MKS, en CCM nemen slechts een klein deel van dit areaal voor hun rekening en een forse toename is niet te verwachten. Het IKC-veehouderij (IKC-V 1990) heeft berekend dat de eigen teelt van krachtvoer op de extensieve bedrijven pas aantrekkelijk wordt bij een krachtvoerprijs van f 0,50 per kg. Op intensieve bedrijven is de teelt van krachtvoer nog minder aantrekkelijk. In 1990/91 was de krachtvoerprijs 37 cent per kg. Een daling van de krachtvoerprijs, als gevolg van de afgesproken prijsverlaging van graan binnen de EU, maakt het zelf telen van krachtvoer nog minder aantrekkelijk. Door de premie op het telen van mais, kan het areaal snijmais wel enigszins toenemen. Niet iedere grondsoort of regio is echter even geschikt voor de teelt van snijmais, zodat geen forse omzetting van grasland in maisland wordt verwacht. Nieuwe (vroeg) maisrassen kunnen de mogelijkheden tot het telen van mais nog enigszins vergroten.

In dit hoofdstuk wordt nagegaan wat de effecten zijn van veranderingen in de prijzen van kunstmest en krachtvoer en de hoogte van het melkquotum op de inzet van krachtvoer en kunstmest in het productieproces. Andere aanpassingen in de bedrijfsvoering worden niet in beschouwing genomen. Het aanhouden van extra jongvee en mestvee, het zelf telen van krachtvoer en het vervangen van gras door snijmais worden niet als reële opties gezien.

De analyse is uitgevoerd voor het jaar 2000. In de komende jaren zullen verschillende milieumaatregelen worden ingevoerd, die in dit onderzoek als vaststaand gegeven worden beschouwd. Verwacht wordt dat de krachtvoerprijs zal gaan dalen als gevolg van een dalende graanprijs. Berekeningen ten aanzien van de effecten van veranderende inputprijzen lijken zinvoller voor 2000 dan voor bijvoorbeeld 1993 omdat in 2000 een meer gestabiliseerde situatie te verwachten is.

## **4.2 Materiaal en methode**

### **4.2.1 Inleiding**

Om de gevolgen van veranderende prijsverhoudingen op de inzet van variabele inputs te onderzoeken wordt in dit hoofdstuk gebruik gemaakt van een optimalisatiebenadering. Gegeven technische input/output-relaties wordt, uitgaande van maximalisatie van het saldo per hectare, de optimale inzet van produktiemiddelen bepaald. Het gaat om twee soorten input/output-relaties, namelijk enerzijds de reactie van de graslandproduktie op de veranderende N-gift per hectare gras en anderzijds de reactie van de melkproduktie per koe op een gewijzigde ruwvoer/krachtvoer-verhouding in het rantsoen van melkkoeien.

Het voerverbruik is geschat op basis van empirische gegevens uit het LEI-Boekhoudnet. Voor de reactie van de melkproduktie per koe op een gewijzigde ruwvoer/krachtvoer-verhouding in het rantsoen van melkvee is gebruik gemaakt van een model dat de lactatieperiode van een melkkoe van dag tot dag nabootst. Het model is gebaseerd op rekenregels van Hijink en Meijer (1987) en wordt in dit onderzoek niet verder beschreven.

Paragraaf 4.2.3 gaat in op de relatie tussen de graslandproduktie en de N-gift. Op basis van gegevens uit het LEI-Boekhoudnet is een kwadratische functie geschat. Produktiefuncties voor gras die uit de literatuur bekend zijn worden eveneens besproken.

Het producentengedrag is bij dit onderzoek nagebootst met behulp van een optimaliseringstechniek. Het uitgangspunt hierbij is dat iedere veehouder zal streven naar maximalisatie van het saldo (opbrengst minus variabele kosten) per hectare voederoppervlakte. Per LEI-Boekhoudnetbedrijf worden 32 bedrijfsplannen doorgerekend, ieder met een eigen combinatie van N-gift per hectare gras en krachtvoergift per koe. Afhankelijk van vooraf ingestelde prijzen levert ieder bedrijfsplan een ander saldo per hectare. Verondersteld wordt dat op ieder bedrijf gekozen wordt voor het bedrijfsplan met het hoogste saldo per hectare. Na aggregatie van alle optimale bedrijfsplannen voor alle bedrijven in de LEI-steekproef ontstaat een beeld omtrent de reactie van de totale Nederlandse melkveehouderij op eventuele prijswijzigingen van inputfactoren. De methode verschilt weinig van de LP-benadering.

In hoofdstuk 2 is aangegeven dat een optimalisatiebenadering als nadeel heeft dat de technische mogelijkheden die een ondernemer ter be-

schikking staan, worden bepaald op basis van kennis van de onderzoeker omtrent de stand van de techniek op een bepaald moment. De mate waarin daadwerkelijk van economisch rendabele mogelijkheden gebruik wordt gemaakt kan echter nogal verschillen. In dit onderzoek wordt "de stand van de techniek" afgeleid uit empirische gegevens. Zowel de gewasresponsfunctie als de relatie tussen melkgift en voederbehoefte worden geschat op basis van praktijkgegevens (LEI-Boekhoudnet).

De afwegingen die een ondernemer maakt worden bij deze optimaliseringsbenadering samengevat als: maximalisatie van het saldo. In paragraaf 4.3.1 wordt aangegeven in hoeverre de daadwerkelijke inzet van inputs afwijkt van de optimale inzet.

#### 4.2.2 Materiaal

Bij dit onderzoek zijn de gegevens van 572 LEI-boekhoudnetbedrijven met meer dan 10 melkkoeien uit 1988/89 gekozen als basis voor de analyse. Gezamenlijk vormen deze bedrijven een representatief beeld van de Nederlandse melkveehouderij. De bedrijven met minder dan 10 melkkoeien zijn bewust weggelaten om een al te grote verstoring door andere takken en door hobbyisten (koe voor eigen gebruik) te voorkomen. Er is gekozen voor 1988/89 als basis omdat dit voor de melkveehouderij een gemiddeld jaar was. In het boekjaar 1989/90 was de graslandproduktie en kwaliteit extreem goed. In het jaar 1990/91 is veel overig jongvee aangehouden (zie tabel 4.1) wat verstorend werkt. Bij het berekenen van toekomstige bedrijfsplannen wordt het aantal gve jongvee en mestvee per koe gelijk gehouden aan dat in het basisjaar. Het is onwaarschijnlijk dat de toename van het aantal gve jongvee en mestvee in de jaren na 1988 blijvend is. Nu is er nog volop stalruimte aanwezig. Indien een veehouder in de toekomst voor de keuze staat te investeren in een nieuwe stal, dan zal die waarschijnlijk kleiner worden dan de huidige stal. Het aanhouden van extra jongvee of mestvee leidt namelijk op de meeste bedrijven niet tot een stijging van het saldo (De Haan en De Hoop 1991). Ook het in werking treden van de eindnorm voor fosfaat, en/of het introduceren van heffingen op basis van mineralenbalansen, zullen deze toename afremmen of zelfs omzetten in een daling.

Voor het schatten van de relatie tussen de N-gift per hectare en de graslandopbrengst (de produktiefunctie) en van de relatie tussen de melkgift en het voerverbruik is gebruik gemaakt van gegevens van de gespecialiseerde melkveebedrijven in het LEI-Boekhoudnet in de periode 1985/86 tot en met 1989/90. Paragraaf 4.2.3.2 gaat hier dieper op in.

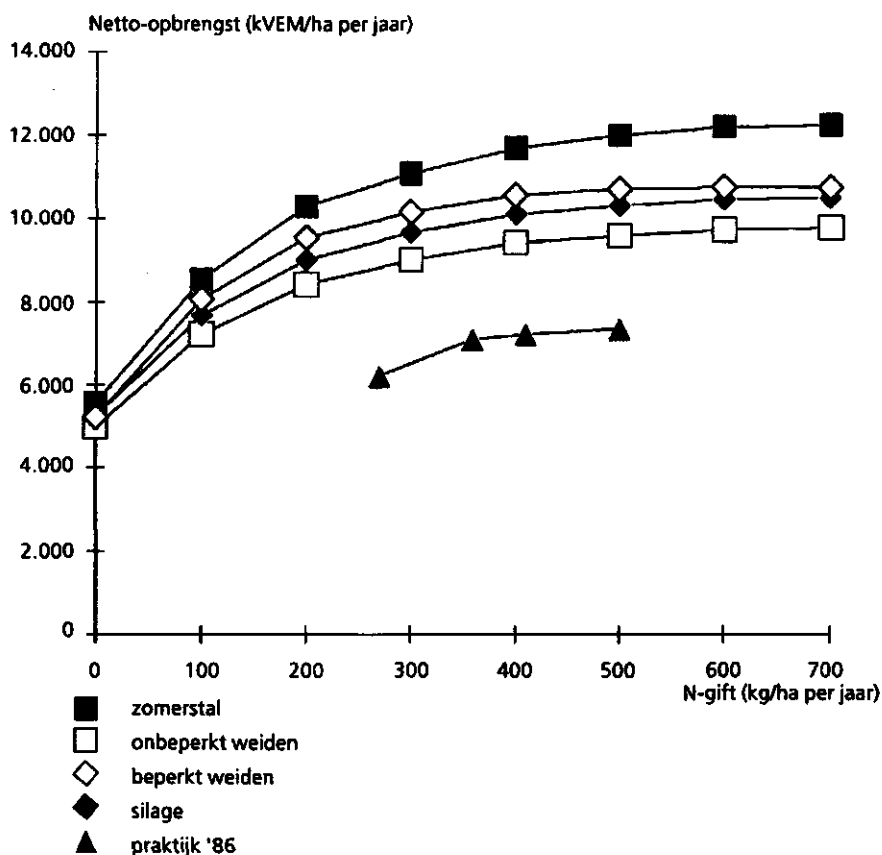
#### 4.2.3 De relatie tussen de stikstofgift en de graslandopbrengst

Voor het berekenen van de optimale combinatie van stikstof- en krachtvoerbruik is de relatie tussen de stikstofgift en de graslandopbrengst van groot belang.

De eerste subparagraaf beschrijft produktiefuncties uit de literatuur terwijl de tweede subparagraaf produktiefuncties beschrijft die geschat zijn op basis van gegevens uit het LEI-Boekhoudnet.

#### 4.2.3.1 Literatuuronderzoek

Figuur 4.1 geeft voor een Nederlandse zandgrond de relatie tussen de N-gift en de netto-opbrengst van grasland weer zoals berekend met het graslandmodel GRASMOD (Van der Meer en Spiertz (1992)). De rekenregels in dit model zijn gebaseerd op proefveldgegevens. Daarnaast is de berekende netto-kVEM-productie op praktijkbedrijven (de LEI-Boekhoudnetbedrijven) in 1986 weergegeven, berekend door Daatselaar et al.(1990). De netto-

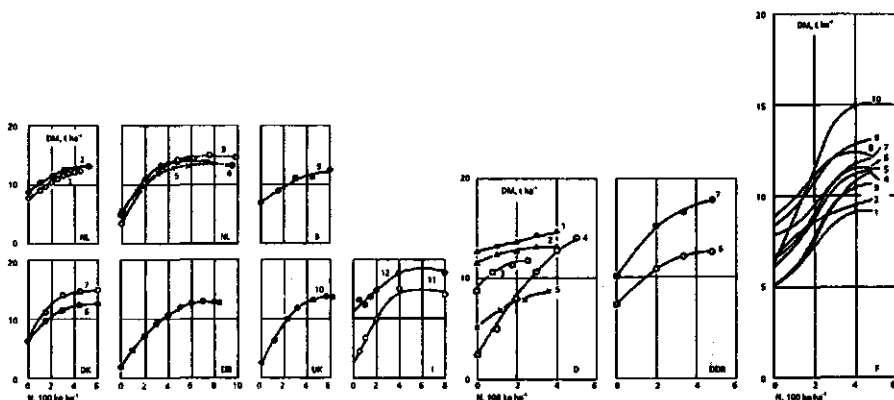


Figuur 4.1 Graslandopbrengsten bij variërende stikstofgift  
Bron: Van der Meer en Spiertz (1992).



opbrengst is hier de opbrengst gecorrigeerd voor beweidings-, inkuil- en vervoederingsverliezen. De netto-graslandopbrengst van Daatselaar et al. (1990) is berekend door eerst per LEI-Boekhoudnetbedrijf de voederbehoefte van het vee normatief in te schatten. Deze normvoederbehoefte is vergeleken met de totale netto-voeraankopen (gecorrigeerd voor verliezen). Het verschil tussen de normatieve voederbehoefte en de gerealiseerde netto-voeraankopen wordt de netto-graslandopbrengst genoemd. Afwijkingen in het graslandmanagement maar ook afwijkingen in het voermanagement (verspilling of verkeerde verdeling over de koeien) worden volledig aan het grasland toegerekend.

Figuur 4.2 is overgenomen van Van Burg et al. (1981) en geeft de relatie tussen de N-gift en de graslandopbrengst weer in een aantal EU-landen.



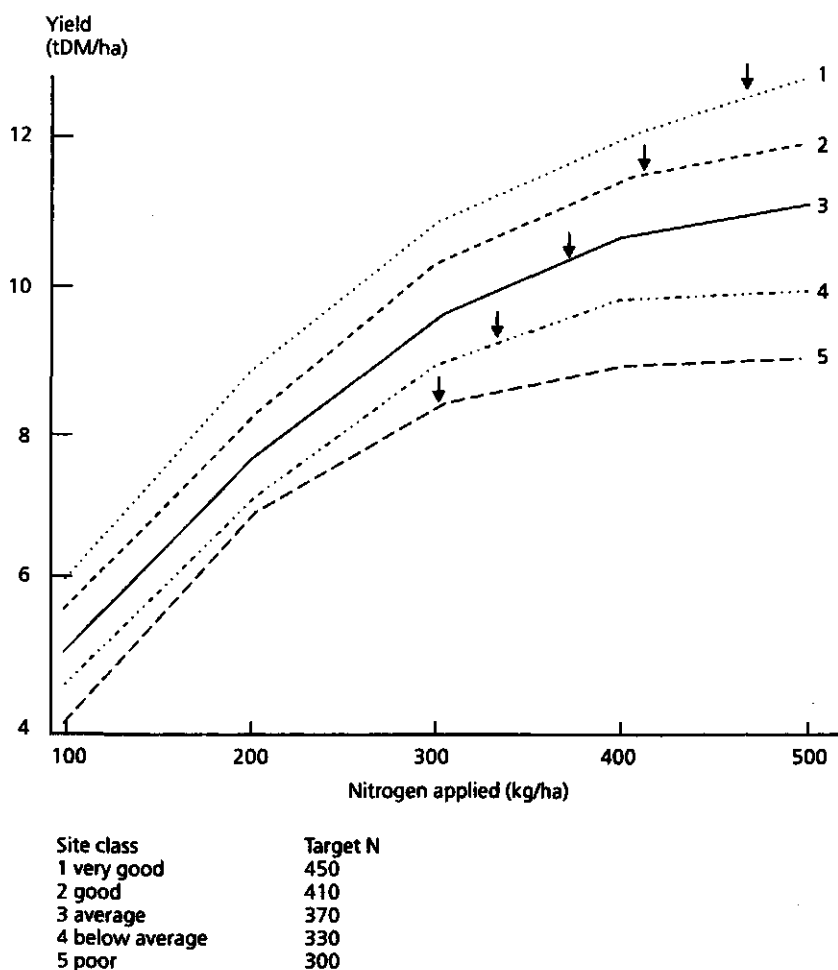
Figuur 4.2 De relatie tussen de N-gift en de graslandopbrengst in de diverse EU-landen

Bron: Van Burg et al. (1981).

Morrison et al. (1980) hebben produktiefuncties geschat die de relatie tussen de graslandopbrengst en de N-gift weergeven in het Verenigd Koninkrijk. In totaal zijn er 4 jaarsafhankelijke functies voor 24 gebieden in het Verenigd Koninkrijk geschat (totaal 96 functies). Naast het grote aantal verschillende functies valt het op dat er een grote variatie bestaat in de hellingshoek, zowel tussen jaren als tussen regio's. Hieruit blijkt dat het schatten van één produktiefunctie die de relatie tussen N-gift en graslandopbrengst weergeeft niet realistisch is, en dat de hellingshoek van de produktiefunctie afhankelijk is van andere factoren die de graslandopbrengst mede bepalen. Dit is overeenkomstig de wet van Liebscher.

Gardner (1986) geeft figuur 4.3 voor het Verenigd Koninkrijk waarbij de graslandopbrengst uitgezet wordt tegen de N-gift. Hierbij wordt ook gepoogd aan te geven wat de optimale N-gift is, afhankelijk van andere bedrijfsfactoren als grondsoort, vochtuithouding en botanische samenstelling ("site"). Naarmate deze slechter worden, daalt de graslandopbrengst en

daalt ook het effect van stikstof op de graslandproduktie (hellingshoek). Hierdoor ligt ook de optimale stikstofgift lager. Met welke prijzen daarbij gerekend is, wordt niet vermeld.



Figuur 4.3 De graslandopbrengst afhankelijk van de N-gift  
Bron: Gardner (1986).

Ook Overman et al. (1991) vinden dat naarmate andere factoren (hier P en K) minder optimaal worden, het effect van stikstof op de graslandopbrengst (de hellingshoek van de produktiefunctie) kleiner wordt (zie figuur 4.4). Hun onderzoek is gebaseerd op proeven met bermudagrass in het zuiden van de Verenigde Staten. Het effect van N, P en K op de graslandop-

brengst is met behulp van een zogenaamde logistische functie beschreven. Deze ziet er als volgt uit:

$$Y = A / ((1 + e^{a \cdot N + b}) * (1 + e^{c \cdot P + d}) (1 + e^{e \cdot K + f}))$$

Waarbij:

A = maximale jaarlijkse produktie (ton ds/ha)

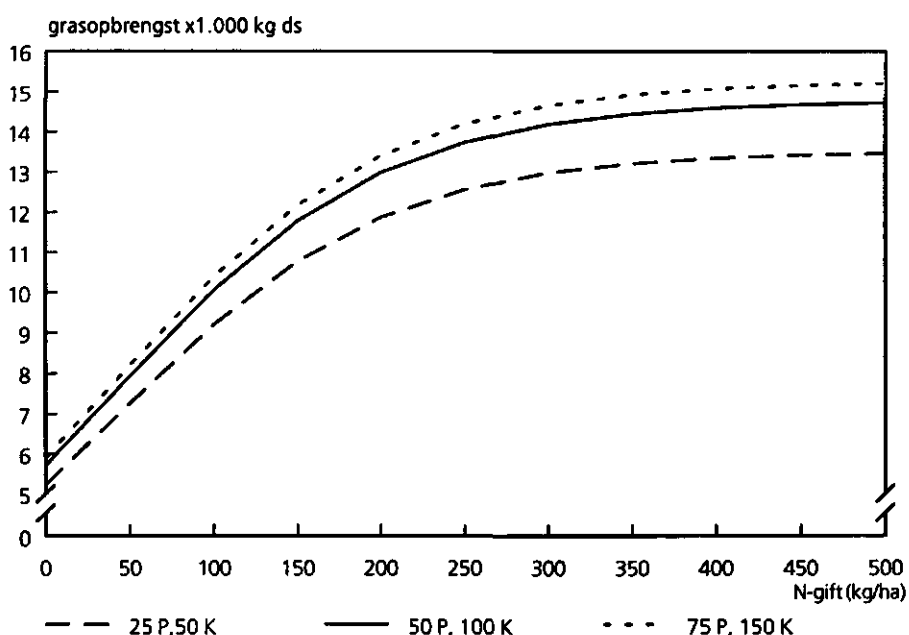
N = stikstofgift (kg/ha)

P = fosfor (kg/ha)

K = kalium (kg/ha)

a, c en e = respons coëfficiënten

b, d en f = intercepts



Figuur 4.4 Het effect van N, P en K op de grasgroei volgens Overman et al., (1991)

Uit de literatuur blijkt dat de basisvorm van de produktiefuncties redelijk overeenkomt. Zonder N-kunstmest levert een ha ongeveer 5 ton droge stof. Bij een N-gift van 600 kg worden opbrengsten van 10 tot 15 ton droge stof per hectare bereikt. Bij een lage N-gift is er een sterke respons van de graslandopbrengst op een verhoging van de N-gift. Deze neemt af naarmate het niveau van de N-gift hoger wordt. Kortom, de marginale opbrengst van stikstof wordt lager naarmate het absolute niveau hoger is.

Naast de stikstofgift is de graslandopbrengst ook afhankelijk van andere factoren zoals het graslandmanagement, de botanische samenstelling, de grondsoort, klimatologische omstandigheden en de bemestingstoestand met andere elementen. Deze factoren bepalen niet alleen de hoogte van de graslandopbrengst (het niveau van de curve), maar ook de respons van de graslandopbrengst op de N-gift (de hellingshoek van de curve). Dit sluit aan bij de wet van Liebscher.

#### 4.2.3.2 Schattingen op basis van het LEI-Boekhoudnet

Ten behoeve van de analyse van het saldo (opbrengst minus toegerekende kosten) op melkveebedrijven is op het LEI regressie-analyse uitgevoerd op basis van gegevens uit het LEI-Boekhoudnet (De Haan, 1991). Het doel hiervan is het verkrijgen van functies waarmee voor alle kosten- en opbrengstenposten een bedrijfsspecifieke maatstaf kan worden berekend. Deze bedrijfsspecifieke maatstaven kunnen dienen als referentiewaarden voor de beoordeling van de hoogte van kosten en opbrengsten bij de analyse van het saldo van melkveebedrijven. De vergelijkingsmaatstaven zijn specifiek omdat ze zijn gecorrigeerd voor de specifieke bedrijfskengetallen die in de functies zijn opgenomen als onafhankelijke variabelen.

Naast het gebruik bij de bedrijfsanalyse kunnen de functies ook dienen voor het voorspellen van kosten en opbrengsten in de toekomst indien een duidelijk beeld bestaat over de hoogte van de onafhankelijke variabelen in de toekomst.

Ook voor de voeraankopen is een dergelijke functie geschat. De voeraankopen zijn uitgedrukt in netto-kVEM/ha, dat wil zeggen dat er gecorrigeerd is voor bewarings- en vervoederingsverliezen. De functie voor voeraankopen ziet er (vereenvoudigd) als volgt uit:

$$Y = C + a \cdot MKHA + b \cdot MKHA \cdot RAS + c \cdot MKHA \cdot FPCM^2 + d \cdot GVEOVHA + e \cdot N + f \cdot N^2$$

Waarin:

- Y = voeraankopen (kVEM/ha voederoppervlakte);
- C = constante (negatief);
- MKHA = aantal melkkoeien per hectare voederoppervlakte;
- GVEOVHA = aantal GVE overige graasdieren (jongvee, schapen en paarden) per hectare voederoppervlakte;
- FPCM = kg melk per koe (gecorrigeerd voor vet- en eiwitpercentage);
- N = stikstofgift per hectare grasland in kg zuivere N inclusief het werkzame deel uit organische mest (berekend afhankelijk van aanwendingsmethode);
- RAS = veeras, ordinale schaal afhankelijk van de melkproductie per koe (0=MRY, 90=FH, 100=HF; tussenliggende waarden zijn mogelijk bij gemengde veestapels);
- a t/m f = regressiecoëfficiënten, waarbij e negatief en de rest positief is (e = -10.77 en f = 0.00805 voor 1985/86 tot en met 1989/90).

De functie voor de voeraankopen kan gesplitst worden in 3 delen. Het eerste deel geeft het voerverbruik per koe weer, en heeft betrekking op de variabelen MKHA, RAS en FPCM en de coëfficiënten a t/m c. Dit deel van de functie geeft aan hoeveel voer extra wordt aangekocht indien één koe extra wordt aangehouden of indien de melkproduktie per koe stijgt. Het tweede deel van de functie heeft betrekking op het voerverbruik per GVE overige graasdieren (jong rundvee, paarden, schapen). Dit is het deel met de variabele GVEOVHA en coëfficiënt d. Tot slot bevat de functie een deel (constante, de variabele N en de coëfficiënten e en f) dat gezien kan worden als de netto-graslandopbrengst. Daarbij stelt de constante de graslandopbrengst zonder stikstofgift voor. Immers, indien er geen vee aanwezig is, zijn de berekende voeraankopen negatief, wat als de eigen graslandproduktie is voor te stellen. Dit deel van de functie kan worden beschouwd als de produktiefunctie, die de netto-graslandopbrengst bij variërende stikstofgift weergeeft.

Het voordeel van deze methode boven die van Daatselaar et al. (1990) (zie tekst bij figuur 4.1) is dat eventuele verschillen tussen het voermanagement en het normatieve voermanagement nu niet automatisch aan het graslandmanagement worden toegeschreven. Deze komen nu in de coëfficiënten a t/m d terecht. Tabel 4.2 geeft het voerverbruik per koe bij een variërende melkgift per koe weer, volgens de in dit onderzoek gehanteerde functie (kolom: LEI) en volgens een model dat een taakstellende norm berekent volgens de rekenregels van Hijink en Meijer (1987) (kolom: norm). Opvallend is dat het voerverbruik per koe vrijwel gelijk is, terwijl in de praktijk de voeraankopen gemiddeld boven de norm liggen (De Haan en de Hoop, 1991). Dit zou erop kunnen wijzen dat het verschil tussen norm en praktijk voor een groter deel verklaard wordt door een slechtere graslandbenutting dan door een overconsumptie van het vee.

*Tabel 4.2 Voerverbruik per koe afhankelijk van de melkproduktie, berekend volgens de functie op basis van gegevens van LEI-Boekhoudnetbedrijven en de norm op basis van rekenregels van Hijink en Meijer (1987)*

Melkgift per koe	Voerverbruik per koe (kVEM)	
	LEI	norm
5.000	4.353	4.507
6.000	4.783	4.945
7.000	5.290	5.397
8.000	5.876	5.858
9.000	6.540	6.332

In tegenstelling tot het voerverbruik per koe is het voerverbruik per GVE overig weidevee (jongvee, paarden en schapen) volgens de LEI-functie wel hoger dan volgens de norm (3.596 versus 3.077).

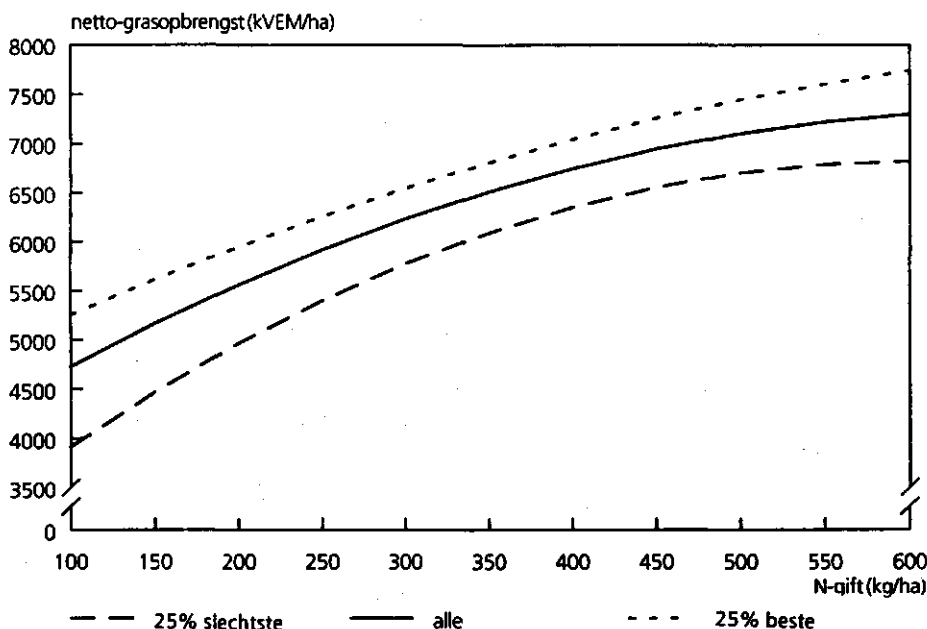
De netto-graslandopbrengst is op de LEI-boekhoudnetbedrijven veel lager dan op basis van proefveldgegevens berekend wordt. Figuur 4.5 geeft de gemiddelde netto-graslandopbrengst (middelste lijn) op de LEI-boekhoudnetbedrijven weer voor de boekjaren 1985/86 - 1989/90. Deze is te vergelijken met figuur 4.1 waar de netto-graslandopbrengst volgens het programma GRASMOD (Van der Meer en Spiertz, 1992) wordt weergegeven. De basis-produktiefunctie voor dit onderzoek is berekend over alle gegevens van de vijf geanalyseerde boekjaren. Het jaareffect komt tot uiting in zogenaamde dummy-variabelen. De coëfficiënten betreffende de relaties tussen N-gift en graslandopbrengst geven dus het gemiddelde effect van stikstof op de graslandopbrengst in de 5 boekjaren. Dat de relatie tussen de N-gift en de graslandopbrengst niet ieder jaar hetzelfde is, blijkt uit bijlage 5, waarin voor ieder boekjaar afzonderlijk een eigen relatie tussen N-gift en graslandopbrengst is berekend. Voor berekeningen voor de toekomst lijkt het gebruik van gemiddelde relaties (coëfficiënten) gerechtvaardigd.

Uit de literatuur (zie paragraaf 4.2.3.1) blijkt dat naarmate andere factoren dan stikstof die de grasgroei ook beïnvloeden zoals de bodem, de vochthuishouding, de botanische samenstelling en het graslandmanagement beter zijn, de graslandproduktie hoger is. Niet alleen de absolute produktie maar ook het effect van stikstof op de produktie (de hellingshoek van de produktiefunctie) is dan groter (wet van Liebscher). Men mag dus veronderstellen dat de produktiefunctie verschilt tussen bedrijven, omdat de niet-N factoren die de graslandopbrengst bepalen ook verschillen. Deze stelling wordt bevestigd door figuur 4.5 waaruit blijkt dat op de beste bedrijven qua voer- en graslandmanagement de graslandproduktie langer blijft stijgen bij een toename van de N-gift. Bij het indelen van de bedrijven in de groepen beste en slechtste zijn van ieder bedrijf de gerealiseerde voeraankopen vergeleken met de maatstaf voor de voeraankopen. De 25% bedrijven met de grootste positieve afwijking worden de slechtste bedrijven genoemd. Evenzo worden de 25% bedrijven met de grootste negatieve afwijking de beste bedrijven genoemd. Vervolgens zijn op basis van gegevens van zowel de beste als de slechtste bedrijven nieuwe functies voor voeraankopen geschat, resulterend in 3 produktiefuncties.

Duidelijk blijkt dat op de beste bedrijven de marginale graslandopbrengst bij een hoog stikstofniveau hoger is dan op de slechte bedrijven, wat overeenkomt met figuur 4.3 (Gardner, 1986). In de praktijk zal het echter niet alleen de "site" (bodem, vochthuishouding en botanische samenstelling) zijn die bepaalt of een bedrijf bij de beste of bij de slechtste bedrijven hoort. Ook het graslandmanagement zal een belangrijke rol spelen.

Figuur 4.5 pleit ervoor om bij het berekenen van de optimale stikstofgift voor een bepaald bedrijf te rekenen met een bedrijfsspecifiek verband tussen stikstofgift en graslandopbrengst. De overige factoren, die de graslandproduktie bepalen, zijn op ieder bedrijf anders, zodat de hellingshoek van de produktiefunctie op ieder bedrijf ook anders zal zijn. Deze bepaalt in

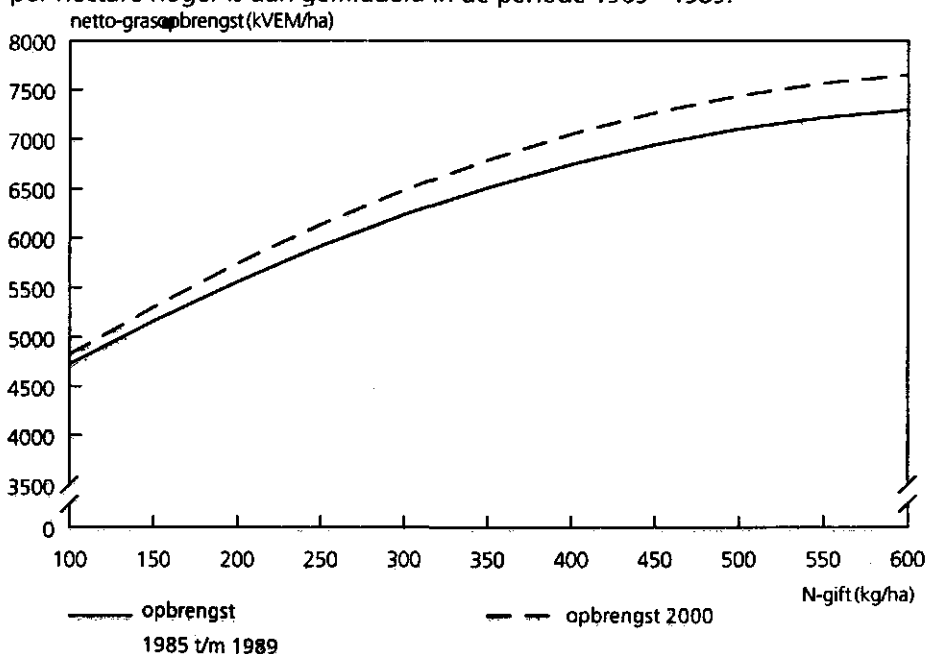
sterke mate de hoogte van de optimale stikstofgift. De bedrijfsspecifieke produktiefuncties zijn als volgt berekend: voor ieder bedrijf in de analyse zijn de gerealiseerde voeraankopen in 1988/89 vergeleken met de uitkomsten van de drie functies voor voeraankopen in 1988/89 (op basis van gegevens van alle, de 25% beste en de 25% slechtste LEI-boekhoudnetbedrijven qua voeraankopen). Afhankelijk van deze positionering wordt voor ieder bedrijf een bedrijfsspecifieke vergelijking berekend. Stel dat de voeraankopen van een bepaald bedrijf precies tussen de maatstaf op basis van alle bedrijven en de maatstaf op basis van de 25% beste bedrijven in liggen, dan worden de coëfficiënten van de bedrijfsspecifieke functie voor dit bedrijf (a t/m f) berekend als  $0,5 \cdot$  de coëfficiënten van de functie op basis van alle bedrijven  $+ 0,5 \cdot$  de coëfficiënten van de functie op basis van de beste bedrijven. Op deze manier geldt voor ieder bedrijf een bedrijfsspecifieke relatie tussen de netto-graslandopbrengst en stikstofgift.



*Figuur 4.5 De gemiddelde netto-graslandopbrengst op alle, de 25% beste en de 25% slechtste bedrijven qua voeraankopen over 1985 t/m 1989*

Voor de toekomst mag worden verondersteld dat zowel de "site" als ook het voer- en graslandmanagement verbeterd (door scholing, voorlichting en/of bedrijfsovername) zodat de produktiefunctie verhoogd moet worden bij toekomstschattingen. Indien wordt verondersteld dat de wet van Liebscher geldig is, dan moeten niet alleen de constante factor, maar ook de

stikstofcoëfficiënten in de produktiefunctie worden verhoogd. Figuur 4.6 toont de produktiefunctie, geldend voor het gemiddelde bedrijf in de periode 1985 tot en met 1989 en in het jaar 2000. De coëfficiënten  $e$  en  $f$  zijn met 10% verhoogd, zodat de graslandproduktie in 2000 bij 400 kg N 300 kVEM per hectare hoger is dan gemiddeld in de periode 1985 - 1989.



Figuur 4.6 Netto-graslandproduktie op het gemiddelde bedrijf in de periode 1985 tot en met 1989 en in 2000

#### 4.2.4 Berekening van de optimale combinatie van inputs

In de eerste subparagraaf wordt aangegeven waar de optimale combinatie van inputfactoren in theorie van afhangt. De tweede subparagraaf behandelt de in dit onderzoek toegepaste optimaliseringstechniek.

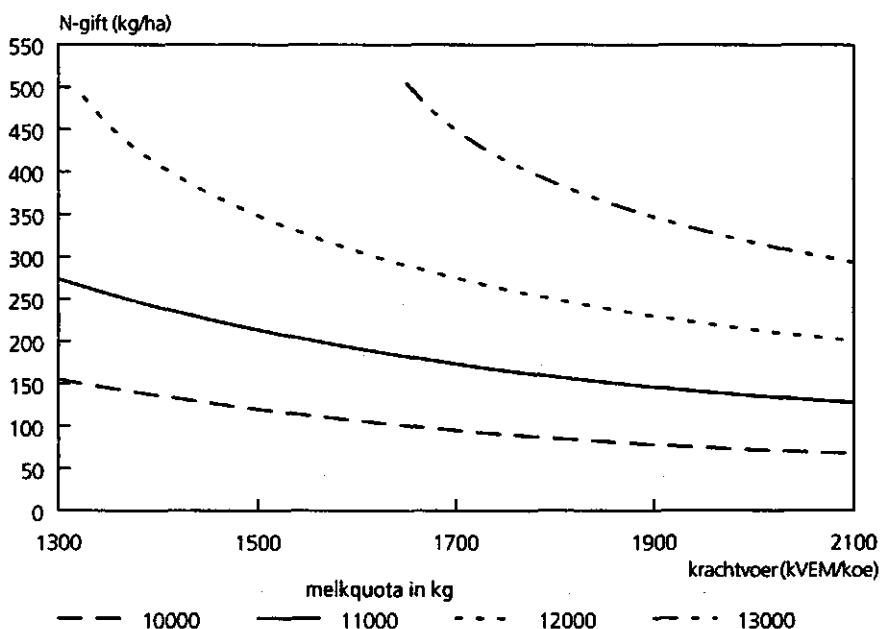
##### 4.2.4.1 Theorie

Uit het voorgaande is gebleken dat de produktiefunctie die de relatie aangeeft tussen de N-gift en de graslandopbrengst, per bedrijf verschilt. De optimale N-gift verschilt dan ook per bedrijf, daar deze afhankelijk is van de marginale opbrengst - de opbrengst van de laatste kg - van N.

Uiteraard is de optimale N-gift sterk afhankelijk van de verhouding tussen de stikstof- en de voerprijs. Naarmate de voerprijs hoger is, is het aantrekkelijker meer stikstof te strooien teneinde zelf een hogere ruwvoerproduktie te kunnen halen. Voor een extensief bedrijf geldt een andere



ruwvoerprijs dan voor een intensief bedrijf, namelijk de verkoopprijs. Indien een bedrijf zelfvoorzienend wordt in de ruwvoerbehoefte, of zelfs voer overhoudt, zal het moeilijk zijn de overmaat aan ruwvoer voor de op dat moment geldende aankoopprijs te verkopen. Indien er geen goede verkoopmogelijkheden zijn zal een veehouder genoodzaakt zijn het bemestingsniveau aan te passen waardoor de graslandopbrengst daalt, of de krachtvoergift te verlagen, waardoor meer van het eigen ruwvoer verbruikt kan worden. Figuur 4.7 geeft aan dat er mogelijkheden bestaan tot het uitwisselen van krachtvoer en stikstof. De figuur geeft aan bij welke combinatie van krachtvoergift per koe en stikstofgift per hectare een bedrijf zelfvoorzienend in de ruwvoerbehoefte is. Dit voor een fictief bedrijf met een melkproduktie per koe van 7.000 kg bij normvoeding en 0,3 gve jongvee per koe. De figuur is berekend met de in paragraaf 4.2.3.2 genoemde regressievergelijkingen.



*Figuur 4.7 Diverse combinaties van N-gift per hectare en krachtvoergift per koe, waarbij een bedrijf, gegeven een bepaald quotum, zelfvoorzienend in de ruwvoerbehoefte is (voor bedrijven met een melkproduktie van 7.000 kg per koe bij normvoeding)*

Als laatste is ook de verhouding tussen vee prijzen en dierkosten (gezondheidskosten en inseminatiekosten) belangrijk. Een verlaging van de

krachtvoergift per koe heeft als direct gevolg een verlaging van de melkgift per koe en als indirect gevolg een verhoging van de veebezetting (omdat de veehouder ernaar zal streven het quotum vol te melken). Een stijging van de veebezetting heeft een stijging van zowel de omzet en aanwas als de dierkosten tot gevolg.

Samengevat kan worden gesteld dat de economisch optimale combinatie van N-gift per hectare en krachtvoergift per koe op een bedrijf afhangt van:

- 1 de intensiteit van het bedrijf (melkproduktie en/of veebezetting per hectare);
- 2 de bedrijfsspecifieke respons van de graslandopbrengst op N;
- 3 de substitutiemogelijkheden tussen krachtvoer en ruwvoer;
- 4 de verhouding tussen de prijzen van krachtvoer, ruwvoer en stikstof. Bij een extensief bedrijf geldt hierbij een andere ruwvoerprijs, namelijk de verkoopprijs, die aanzienlijk lager ligt dan de aankoopprijs;
- 5 de verhouding tussen vee prijzen en dierkosten (onder andere gezondheidskosten en inseminatiekosten).

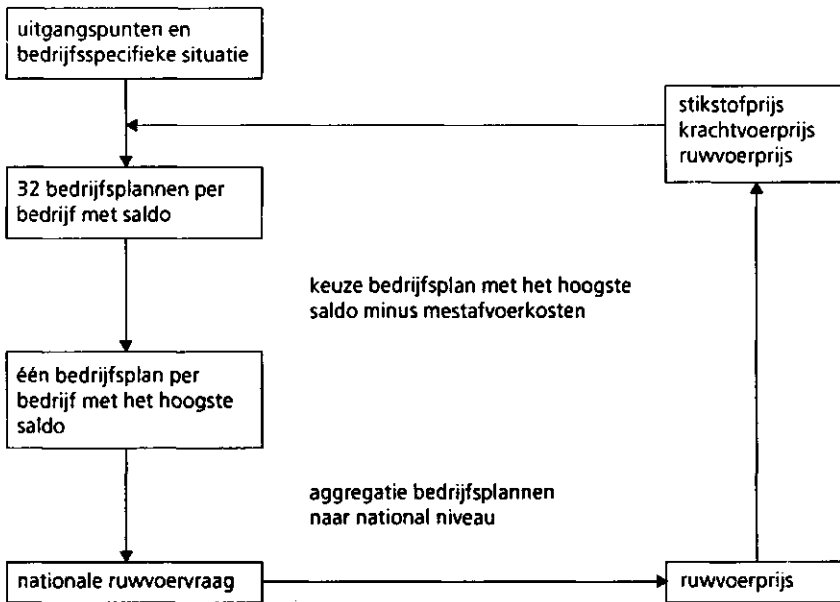
#### 4.2.4.2 De gehanteerde optimaliseringstechniek

Gegeven de prijzen van inputfactoren en bepaalde bedrijfskengetallen in het basisjaar, zoals quotum per hectare en jongveebezetting per koe, worden per bedrijf voor 32 bedrijfsplannen (dit zijn combinaties van N-gift per hectare grasland (8 niveaus) en krachtvoergift per koe (4 niveaus)), berekend:

- de melkproduktie per koe (afhankelijk van de melkproduktie per koe in het basisjaar en van de krachtvoergift per koe);
- de bijbehorende veebezetting om het quotum vol te melken (het aantal stuks jongvee per koe is gelijk aan dat in het basisjaar 1988/89);
- de N-aankopen per hectare;
- de benodigde voeraankopen per hectare berekend met de bedrijfsspecifieke vergelijking, afhankelijk van de N-gift, de melkproduktie per koe en de bijbehorende veebezetting;
- alle overige kosten en opbrengsten die het saldo beïnvloeden met behulp van regressievergelijkingen (vergelijkbaar met die voor voeraankopen);
- het mineralenoverschot;
- het saldo (opbrengst minus variabele kosten) per hectare voederoppervlakte, afhankelijk van opgegeven stikstof-, ruwvoer- en krachtvoerprijzen.

Vervolgens wordt per bedrijf het bedrijfsplan met het hoogste saldo gekozen waarna de bedrijfsgegevens geaggregeerd worden naar nationaal niveau. Bij een toe- of afname van de nationale ruwvoervraag dient de ruwvoerprijs opnieuw ingeschat te worden (voor methode zie bijlage 4) waarna opnieuw berekeningen worden uitgevoerd net zolang tot de uitkomsten

stabilen zijn. Bij de einduitkomst kan ook geaggregeerd worden naar regionaal niveau of naar intensiteitsklasse. Figuur 4.8 geeft de optimaliserings-techniek beknopt weer.



*Figuur 4.8 Schematische weergave van de optimaliseringstechniek*

#### 4.2.5 Uitgangspunten bij de berekening voor 2000

Bij de berekeningen voor de situatie in het jaar 2000 komen de uitgangspunten overeen met die welke gehanteerd zijn door Van Os et al. (1993). De belangrijkste uitgangspunten worden hier genoemd en in de discussie wordt er verder op ingegaan:

- bij ieder bedrijf wordt de optimale N-gift berekend met een eigen bedrijfsspecifieke produktiefunctie (zie paragraaf 4.2.3.2);
- er wordt een stijging van de graslandproduktie van ongeveer 300 kVEM per hectare verondersteld ten opzichte van de gemiddelde opbrengst in de periode 1985 tot en met 1989, bij een N-bemesting van 400 kg per hectare. De produktiefunctie loopt hierbij steiler (zie paragraaf 4.2.3.2 en figuur 4.6);
- er gelden fosfaatnormen in 2000 van 75 kg op maisland, 70 kg op bouwland en 110 kg op grasland (Bondt et al., 1989). Op grasland is deze norm vrijwel gelijk aan het bemestingsadvies bij een fosfaattoestand "voldoende" bij een N-gift van 400 kg (IKC-V, 1993). Bij een lagere N-bemesting zal de onttrekking van fosfaat aan de bodem echter geringer zijn. In de Structuur Nota Landbouw (Ministerie LNV, 1989) wordt als doelstelling

genoemd dat gestreefd wordt naar evenwichtsbemesting. In dit onderzoek is dan ook uitgegaan van een dalende fosfaatnorm bij een dalende N-gift. Er is verondersteld dat de fosfaatnorm evenredig met de graslandproduktie (kVEM) afneemt. Indien een bedrijf bij een bepaald bedrijfsplan een fosfaatoverschot heeft, dan moet er mest afgevoerd worden. De kosten hiervoor zijn afhankelijk van de regio waarin een bedrijf zich bevindt (mesttekort- of mestoverschotgebied) en worden op het betreffende saldo in mindering gebracht. De afvoerkosten voor rundveemest bedragen voor respectievelijk een overschotgebied, overgangsgebied en tekortgebied f 26,77, f 18,68 en f 4,86 per m<sup>3</sup> (Van Os et al., 1993);

- de mestaanwending, mestopslag en de stallen zullen in 2000 emissie-arm zijn, wat resulteert in hogere werkingscoëfficiënten van de stikstof in organische mest. Voor rundveemest bedraagt deze 75% (Van Os et al., 1993);
- voor maisland is een vaste verlaging van de N-gift met 100 kg verondersteld waardoor de produktie daalt met 8% (Goossensen en Meeuwissen, 1990);
- bij een ongewijzigde voerstrategie (30% krachtvoer boven de norm) neemt de melkproduktie per koe toe van 6618 kg fpcm per koe naar 8339 kg fpcm per koe. Dit is een toename van ongeveer 150 kg fpcm per koe per jaar (zie paragraaf 4.5.2). Een verlaging van de graskwaliteit als gevolg van een verlaging van de stikstofgift of een relatieve (ten opzichte van de norm) daling van de krachtvoergift kan ertoe leiden dat deze produktiestijging niet gehaald wordt.

De optimaliseringsen zijn uitgevoerd volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 4.2.4.2. Het uitgangspunt bij deze methode is dat bedrijven in het jaar 2000 het niveau van de stikstofgift en de krachtvoergift zo zullen kiezen dat het hoogste saldo per hectare gehaald wordt. De niet-toegerekende kosten worden buiten beschouwing gelaten.

## **4.3 Resultaten**

In de eerste paragraaf worden modelresultaten uit 1988 vergeleken met gerealiseerde kengetallen uit het boekjaar 1988/89. In een tweede en derde paragraaf worden respectievelijk het effect van een variërende krachtvoerprijs en een variërende stikstofprijs op het verbruik van krachtvoer en stikstof beschreven. De laatste paragraaf vormt een samenvatting.

### **4.3.1 Vergelijking van modeluitkomsten met het basisjaar**

In deze paragraaf worden de resultaten van modelberekeningen vergeleken met de kengetallen uit het basisjaar 1988/89. Bij de modelberekeningen voor 1988 is gerekend met dezelfde prijzen als in het basisjaar 1988/89. Een goede vergelijking tussen het modelgedrag en het gedrag van de melkveehouders (de bedrijfsvoering in 1988/89) is daarmee mogelijk. Tabel 4.3 geeft een aantal kengetallen weer zoals gevonden in het LEI-

Boekhoudnet in 1988/89 (basis) en zoals berekend via de optimaliseringsmethode, gehanteerd in dit onderzoek.

Opvallend is dat de werkelijke krachtvoergift per koe in 1988/89 hoger is dan de berekende optimale krachtvoergift. Als gevolg hiervan zijn in de modelberekeningen de melkproductie per koe lager en de veebezetting hoger. Het lagere krachtvoerbruik leidt tot hogere ruwvoeraankopen per hectare. Per koe wordt meer ruwvoer opgenomen en door de hogere veebezetting wordt nog meer ruwvoer verbruikt.

Dat de werkelijke krachtvoergift in 1988/89 en de berekende optimale krachtvoergift uiteenlopen kan een aantal oorzaken hebben.

Deze zijn in twee categorieën in te delen:

- 1) het model is niet goed:
  - de gehanteerde rekenregels komen niet geheel overeen met relaties in de praktijk;
  - er wordt van uitgegaan dat de ruwvoerprijs overal gelijk is aan de gemiddelde prijs in Nederland, terwijl juist in regio's met een intensieve melkveehouderij door een grote vraag naar ruwvoer de ruwvoerprijs hoger kan zijn, zodat daar krachtvoer aantrekkelijker wordt;
- 2) de melkveehouder streeft niet naar maximalisatie van het saldo maar houdt met relatief veel krachtvoer de melkproductie op een hoog peil met als mogelijk doel:
  - het verkopen van fokvee (incidenteel);
  - het beperkt houden van de veestapel om te besparen op de niet-toegerekende kosten;
  - al te snelle veranderingen in de veestapel te voorkomen. Het vergroten van de veestapel om een daling van de melkproductie per koe op te vangen verloopt traag, indien dit zonder aankopen van vee van elders plaats moet vinden. Uit tabel 4.1 blijkt dat een verlaging van de krachtvoergift al heeft plaatsgevonden, echter niet zo extreem dat de melkproductie per koe daalt;
  - risico-mijding. Het snel veranderen van de bedrijfsvoering brengt risico's met zich mee;
  - andere (ook niet economisch-rationele) redenen, bijvoorbeeld het streven naar een hoge melkproductie per koe.

Het verschil tussen de werkelijkheid in 1988/89 en de modelberekeningen zal te maken hebben met een mix van de hierboven genoemde redenen. Binnen dit onderzoek wordt volstaan met het aangeven van dit verschil, zodat hiermee rekening kan worden gehouden bij de interpretatie van de modeluitkomsten voor 2000.

Het blijkt dat de optimale stikstofgift in 1988 iets hoger is dan die in de praktijk (1988/89) gehanteerd wordt. Zoals hierboven werd aangegeven, berekent het model een verschuiving van krachtvoer naar ruwvoer, waardoor een grotere ruwvoerbehoefte ontstaat. Naast extra aankopen kan meer ruwvoer op het eigen bedrijf worden geteeld door een verhoging van de stikstofgift. Het aandeel werkzame stikstof uit organische mest neemt toe door de grotere veestapel.

**Tabel 4.3** Gemiddelden van bedrijfskengetallen in 1988/89 (werkelijk) en na optimalisatie in 1988 en in 2000 bij gelijk quotum en gelijke prijzen ( $P_{krachtvoer}$  f 0,44;  $P_{ruwvoer}$  f 0,33/kVEM en  $P_N$  f 1,16/kg zuiver)

	Werkelijk	Optimalisering	
	1988/89	1988	2000
Melkkoeien/ha	1,830	1,972	1,594
Overig gve/ha	0,731	0,764	0,666
Melk/koe (fpcm)	6.618	6.140	7.598
Krachtvoer/koe (kVEM)	2.151	1.594	1.759
Krachtvoer/ha (kVEM)	3.889	3.144	2.804
Struct.rijk ruwvoer/ha (kVEM)	687	1.603	1.152
N-BEMESTING PER HA GRAS:			
kunstmest	336	344	321
organische mest	68	83	109
Totaal werkzame N	404	427	430
SALDO PER HA VOEDEROPPERVLAKTE:			
melkgeld	9.522	9.522	9.522
omzet en aanwas	1.835	1.939	1.647
overige opbrengst	306	326	278
Totale opbrengsten	11.663	11.787	11.447
Kosten voederoppervlakte	563	578	443
Dierkosten	881	944	780
Voerkosten	2.308	2.264	1.899
Totale kosten	3.752	3.786	3.122
Saldo	7.911	8.001	8.325
Mestafvoerkosten	0	0	165
Saldo- mestafvoerkosten	7.910	8.001	8.160

Het verschil tussen het gerealiseerde saldo in 1988/89 en het optimale saldo in 1988 bedraagt gemiddeld slechts f 90,- per hectare. Waarschijnlijk is dit lage bedrag één van de oorzaken waardoor veehouders besluiten de bedrijfsvoering niet te snel aan te passen, omdat de winst van aanpassing in verhouding tot de risico's gering is. Blijkbaar zijn vrij forse substituties tussen krachtvoer, ruwvoer en stikstof mogelijk met een gering effect op het saldo.

De modelberekeningen voor 2000 (bij gelijk quotum en gelijke prijzen) laten ten opzichte van 1988/89 een verhoging van de melkproductie per koe en een verlaging van de krachtvoergift per koe zien. Doordat de krachtvoergift per koe daalt, wordt de maximaal haalbare melkproductiestijging tot ongeveer 8.300 kg fpcm per koe (zie paragraaf 4.2.5) niet ge-

haald. Als gevolg van de gestegen melkproductie per koe daalt de veebezetting, waardoor per hectare minder voer nodig is.

In 2000 neemt de optimale stikstofgift op de intensieve (ruwvoeraan-kopende) melkveebedrijven toe ten opzichte van 1988/89, doordat verondersteld is dat de hellingshoek tussen de stikstofgift en de graslandopbrengst toeneemt (zie figuur 4.6). Het aantal bedrijven dat ruwvoer overhoudt neemt echter toe doordat de gemiddelde veebezetting daalt, waardoor de gemiddelde stikstofgift minder stijgt dan verwacht, op basis van de stijging van de hellingshoek van de produktiefunctie. Het aandeel werkzame stikstof uit organische mest neemt toe doordat verondersteld is dat alle organische mest emissie-arm wordt toegediend. Hierdoor stijgt de werkingscoëfficiënt van stikstof in organische mest ongeveer met een factor 2 (Van Os et al., 1993).

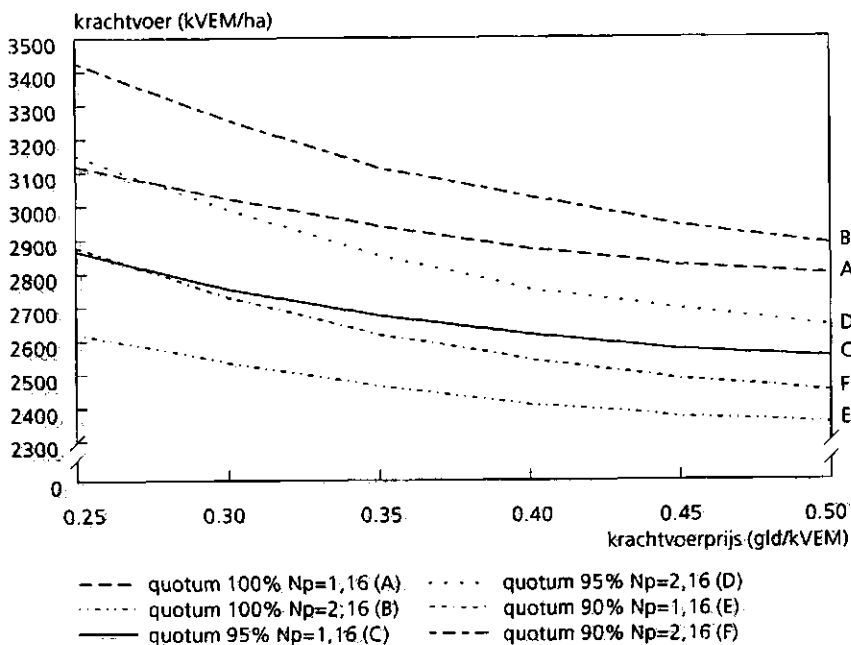
Voor het jaar 2000 wordt bij een gelijkblijvend quotum en gelijke prijzen een stijging van het saldo berekend. Deze is voornamelijk het gevolg van een verlaging van de veebezetting, waardoor de voer- en dierkosten kunnen dalen. Daar staat echter weer een lagere opbrengst aan omzet en aanwas tegenover. Een kleine verlaging van de kosten voor de voederoppervlakte, met name de N-kunstmestkosten, is mogelijk door een betere benutting van de stikstof in organische mest. Voor het jaar 2000 zijn ook mestafvoerkosten berekend als gevolg van de fosfaatnormering. Deze kosten zijn afhankelijk van de veebezetting en zijn dan ook betrokken bij de keuze van het bedrijfsplan. De kosten voor mestafzet in 2000 zijn geschat door Van Os et al.(1993) (zie paragraaf 4.2.5).

#### 4.3.2 Modeluitkomsten in 2000 bij diverse krachtvoerprijzen

De figuren 4.9 en 4.10 tonen het effect van een variërende krachtvoerprijs op respectievelijk het krachtvoerverbruik per hectare voederoppervlakte en het stikstofkunstmestverbruik per hectare grasland. Dit bij drie verschillende quotumniveaus, uitgedrukt in procenten van het quotum in 1988/89 en bij twee stikstofprijzen ( $f$  1,16 en  $f$  2,16 per kg zuivere N).

Bij een ongewijzigd quotum (100%) en een stikstofprijs van  $f$  1,16 leidt een verhoging van de krachtvoerprijs met 10 cent tot een gemiddelde verlaging van de krachtvoergift met 127 kVEM per hectare (100 kVEM per koe). Dit is berekend over de volle breedte van de x-as (berekend als het verschil tussen de krachtvoergift bij 25 cent en de krachtvoergift bij 50 cent (lijn A) gedeeld door 2,5). Deze verlaging is degressief, dit wil zeggen dat de extra verlaging steeds kleiner wordt naarmate de prijs stijgt.

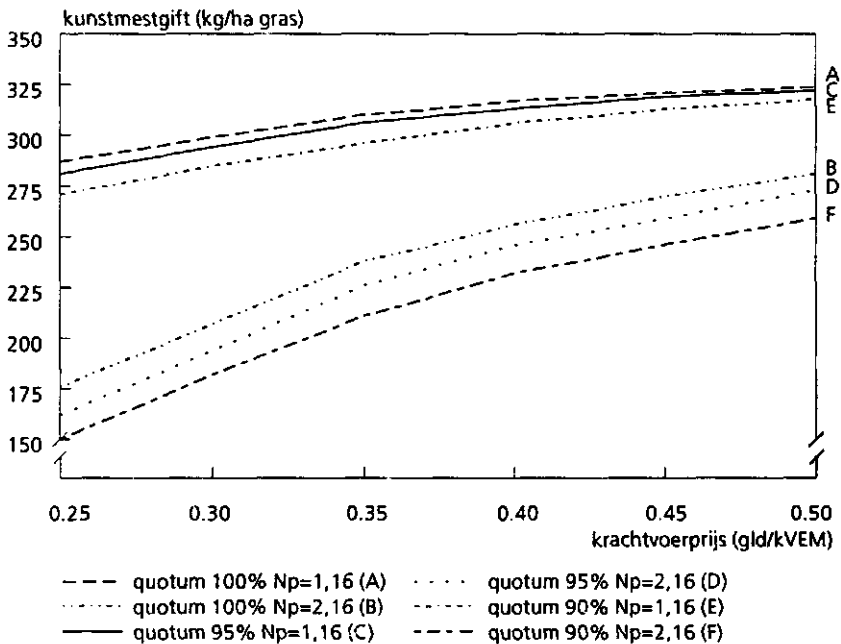
Een verlaging van het quotum met 10% (lijn E ten opzichte van A) betekent een verlaging van de krachtvoergift met gemiddeld 500 kVEM per hectare (160 kVEM per koe). Door de sterke daling van de veebezetting is de daling per hectare relatief groter dan de daling per koe. Een verlaging van het quotum heeft slechts een gering effect op de reactie van de krachtvoeraankopen op de krachtvoerprijs, weergegeven door hellingshoek in figuur 4.9. Deze is iets kleiner bij een lager quotum.



Figuur 4.9: De krachtvoergift per hectare in 2000 bij een variërende krachtvoerprijs, 2 stikstofprijzen en 3 quotumniveaus (% ten opzichte van 1988/89)

Een verhoging van de stikstofprijs met 1 gulden (lijn B) leidt wel tot een verandering van het effect van de krachtvoerprijs op de krachtvoeraankopen (de hellingshoek). Een verhoging van de krachtvoerprijs met 10 cent leidt dan tot een gemiddelde verlaging van het verbruik met 204 kVEM per hectare (165 kVEM per koe). Bij de hogere stikstofprijs zal, vooral bij een lage krachtvoerprijs, veel krachtvoer worden verstrekt. Per koe is dan minder ruwvoer nodig en door de stijging van de melkproduktie per koe kan het aantal koeien dalen. Hierdoor daalt de behoefte aan ruwvoer waardoor de stikstofgift omlaag kan, zoals blijkt uit figuur 4.10. Een verlaging van de krachtvoerprijs met 10 cent veroorzaakt een daling van de N-kunstmestgift van respectievelijk 10 en 44 kg per hectare bij een N-prijs van respectievelijk f 1,16 en f 2,16 per kg N (vergelijk A en B).





Figuur 4.10 Het stikstofkunstmestverbruik per hectare grasland in 2000 bij een variërende krachtvoerprijs, 2 stikstofprijzen en 3 quotumniveaus (% ten opzichte van 1988/89)

#### 4.3.3 Modeluitkomsten in 2000 bij diverse stikstofprijzen

De figuren 4.11 en 4.12 tonen het effect van een variërende N-kunstmestprijs op respectievelijk het krachtvoerconsumptie per hectare en het stikstofkunstmestverbruik per hectare grasland. Dit bij drie verschillende quotumniveaus, uitgedrukt in procenten van het quotum in 1988/89, en bij twee krachtvoerprijzen ( $f$  0,30 en  $f$  0,45 per kVEM).

Uit figuur 4.11 blijkt dat bij een ongewijzigd quotum (100%) en een krachtvoerprijs (lijn A\*) van  $f$  0,30 een verhoging van de stikstofprijs met één gulden resulteert in een gemiddelde verhoging van de krachtvoergift met 230 kVEM per hectare (180 kVEM per koe).

Een verlaging van het quotum met 10% (vergelijk A\* met E\*) betekent een verlaging van de krachtvoergift met gemiddeld 500 kVEM per hectare (160 kVEM per koe). Door de sterke daling van de veebezetting is de daling per hectare veel groter dan per koe. Een verlaging van het quotum heeft slechts een gering verlagend effect op de hellingshoek in de figuur.

Een verhoging van de krachtvoerprijs naar 45 cent (lijn B') leidt wel tot een verandering van het effect van de stikstofprijs op het krachtvoer-  
verbruik (de hellingshoek wordt kleiner). Een verhoging van de stikstofprijs met één gulden leidt dan tot een gemiddelde verhoging van het kracht-  
voer-  
verbruik met 115 kVEM per hectare (88 kVEM per koe). Dit is slechts de helft van de verhoging die optreedt bij een krachtvoerprijs van 30 cent.

Figuur 4.12 toont het effect van een variërende N-kunstmestprijs op het verbruik van stikstof. Bij een stijging van de N-prijs met één gulden zal de stikstofgift per hectare gras dalen met 50 tot 100 kg, afhankelijk van de krachtvoerprijs. Vooral bij een lage krachtvoerprijs is een sterke verlaging van de stikstofgift te verwachten (A', C' en E') bij een stijging van de stikstof-  
prijs. Door de lage krachtvoerprijs en indirect een lage ruwvoerprijs wordt een intensieve teelt van gras met veel stikstof minder aantrekkelijk.

Door een verlaging van het quotum met 10% zal het stikstofverbruik per hectare gras dalen met respectievelijk 10 en 25 kg per hectare, bij één stikstofprijs van respectievelijk f 1,- en f 2,50 per kg N (vergelijk A' en E'). Bij een lage krachtvoerprijs is dit effect iets groter (zie ook figuur 4.10).

#### 4.3.4 Samenvatting van de resultaten in formules

Het doel van dit onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen de prijs en het verbruik van de inputfactoren krachtvoer en stikstof op melkveebedrijven. Daarnaast is gekeken naar het effect van een wijziging van het melkquotum per hectare. De resultaten zijn weergegeven in figuur 4.9 tot en met 4.12. Indien de hoogte van het quotum en de prijzen van krachtvoer en stikstof voor 2000 bekend zijn, dan kan met behulp van de figuren een inschatting worden gemaakt van het toekomstig krachtvoer- en stikstofverbruik.

Omdat het aflezen van figuren gemakkelijk aanleiding kan zijn tot het maken van fouten, zijn met behulp van regressie-analyse twee functies geschat op basis van de punten uit bovengenoemde figuren. Ook met behulp van deze functies is het mogelijk een inschatting te maken van het toekomstig krachtvoer- en stikstofverbruik, indien de prijzen van krachtvoer en stikstof bekend zijn. De symbolen in onderstaande formules hebben de volgende betekenis:

- K = krachtvoer-  
verbruik per hectare voederoppervlakte (kVEM);
- N = stikstofkunstmestverbruik per hectare grasland (kg zuivere N);
- Q = quotum per hectare voederoppervlakte als percentage van dat in 1988/89;
- P<sub>N</sub> = stikstofprijs (guldens per kg zuivere N);
- P<sub>K</sub> = krachtvoerprijs (guldens per kVEM).

De functies voor het schatten van het krachtvoer- en stikstofverbruik in 2000 zien er als volgt uit:

$$K = -1233.3 + 48.254 \cdot Q - 3855 \cdot P_K + 4683 \cdot (P_K)^2 + 305.6 \cdot P_N + 41.6 \cdot (P_N)^2 - 735.2 \cdot P_K \cdot P_N$$

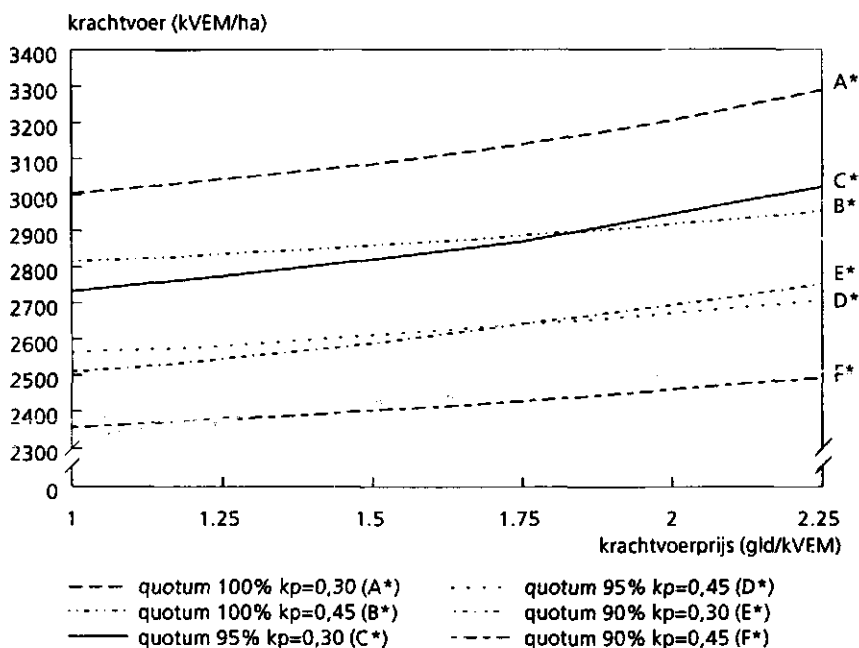
$$N = 133.7 + 1.869 \cdot Q + 483.7 \cdot P_K - 836.1 \cdot (P_K)^2 - 142.49 \cdot P_N - 10.04 \cdot (P_N)^2 + 262 \cdot P_K \cdot P_N$$

Voorbeeld: Stel in 2000 zijn het quotum en de prijzen als volgt:

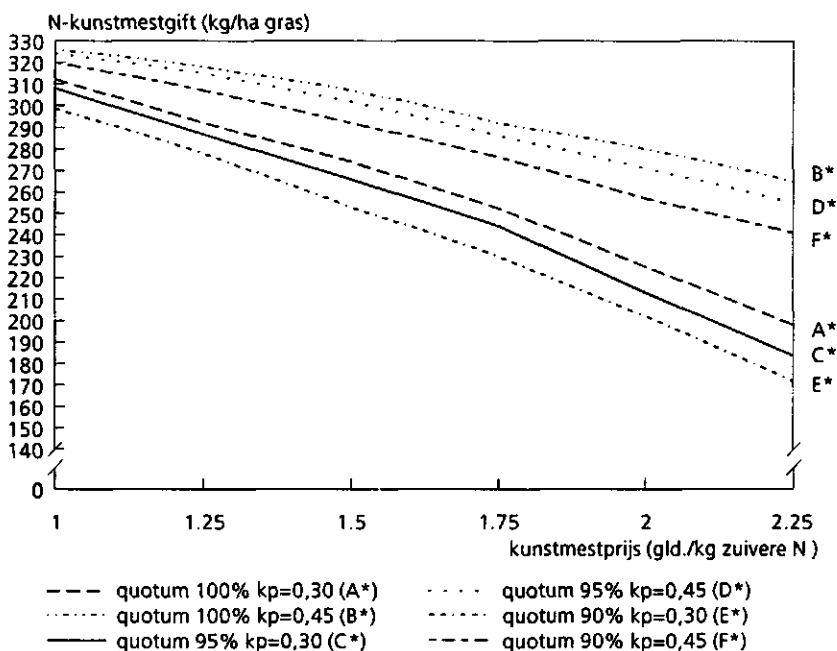
$$\begin{aligned} Q &= 90; \\ P_N &= f \, 1,50; \\ P_K &= f \, 0,30. \end{aligned}$$

$$K = -1233.3 + 48.254 \cdot 90 - 3855 \cdot 0.3 + 4683 \cdot (0.3)^2 + 305.6 \cdot 1.5 + 41.6 \cdot (1.5)^2 - 735.2 \cdot 0.3 \cdot 1.5 = 2596 \text{ kVEM/ha}$$

$$N = 133.7 + 1.869 \cdot 90 + 483.7 \cdot 0.3 - 836.1 \cdot (0.3)^2 - 142.49 \cdot 1.5 - 10.04 \cdot (1.5)^2 + 262 \cdot 0.3 \cdot 1.5 = 253 \text{ kg/ha}$$



Figuur 4.11 De krachtvoergift per hectare in 2000 bij een variërende N-prijs, 2 krachtvoerprijzen (f/kVEM), 3 quotumniveaus (% ten opzichte van 1988/89)



*Figuur 4.12 Het stikstofkunstmestverbruik per hectare grasland in 2000 bij een variërende N-prijs, 2 krachtvoerpreizen en 3 quotumniveaus (% ten opzichte van 1988/89)*

#### 4.3.5 Samenvatting van de resultaten in de vorm van prijselasticiteiten

In deze studie is gekozen voor de optimaliseringsbenadering. Bij deze benadering wordt gebruik gemaakt van productiefuncties en een optimaliseringsmethode. In verschillende studies waarbij een relatie is geschat tussen enerzijds de prijs en anderzijds het verbruik van inputfactoren is gebruik gemaakt van de econometrische benadering. Hierbij wordt de relatie op basis van historische data geschat. Hoofdstuk 2 geeft voorbeelden uit de literatuur. Vaak wordt slechts één prijselasticiteit berekend voor de gemiddelde situatie. In veel gevallen wordt daarbij gebruik gemaakt van lineaire vraagvergelijkingen. De informatie in de figuren 4.9 tot en met 4.12 en de functies in paragraaf 4.3.4 laten zien dat het uitgangspunt van een lineaire relatie een te eenvoudige voorstelling van zaken geeft. Naast kwadratische effecten van de prijzen op het verbruik is er ook een interactie-effect van de krachtvoer- en kunstmestprijs. Het is duidelijk dat de prijselasticiteit sterk afhankelijk is van de absolute prijsniveaus. Tabel 4.4 geeft een aantal elasticiteiten van de input van stikstof en krachtvoer met betrekking tot de betreffende prijzen, berekend op basis van de functies in paragraaf 4.3.4.

*Tabel 4.4 Prijselasticiteiten van de vraag naar stikstof en krachtvoer bij verschillende combinaties van stikstof- en krachtvoerprijs*

Prijsniveaus (prijs per kg)		Elasticiteit van de vraag naar			
stikstof	krachtvoer	stikstof		krachtvoer	
		m.b.t. de prijs van		m.b.t. de prijs van	
		stikstof	krachtvoer	stikstof	krachtvoer
1,-	0,30	-0,27	0,24	0,06	-0,19
2,-	0,30	-0,98	0,71	0,17	-0,26
1,-	0,45	-0,14	0,08	0,02	-0,10
2,-	0,45	-0,48	0,57	0,11	-0,21

De prijselasticiteiten variëren sterk en zijn afhankelijk van het absolute prijsniveau van stikstof en krachtvoer. Ook valt op dat er een grote uitwisseling mogelijk is tussen stikstof en krachtvoer, getuige de kruiselingse prijselasticiteit van de vraag. Vooral bij een hoge stikstofprijs en een lage krachtvoerprijs is de elasticiteit van de vraag naar stikstof met betrekking tot de prijs van krachtvoer hoog. Bij een stikstofprijs van  $f$  2,- en een krachtvoerprijs van  $f$  0,30 heeft een daling van de krachtvoerprijs met 1% een daling van de vraag naar kunstmest met 0,71% tot gevolg.

## 4.4 Conclusies

### 4.4.1 Het effect van gewijzigde prijzen op het saldo en het mineralenoverschot

Als gevolg van de dalende graanprijs (EG-maatregelen) zal de krachtvoerprijs in de toekomst dalen. De kunstmeststikstofprijs zal waarschijnlijk stijgen als gevolg van milieuheffingen. Tabel 4.5 en 4.6 tonen het effect van een quotumdaling en een verandering van de stikstof- en de krachtvoerprijs op het voerverbruik, het stikstofkunstmestverbruik, het saldo en het mineralenoverschot. Alle getallen zijn berekend via optimalisatie van het saldo per hectare. Het ruwvoerconsumptie is berekend als het verschil tussen aankopen en verkopen. Een betere naam zou zijn "aanvullend ruwvoerconsumptie", omdat het daadwerkelijk ruwvoerconsumptie naast aankopen minus verkopen bestaat uit het eigen geproduceerde ruwvoer. Tabel 4.5 geeft van deze kengetallen het absolute niveau terwijl tabel 4.6 de verandering ten gevolge van een prijsverandering of een quotumdaling in 2000 weergeeft.

*Tabel 4.5 Het verbruik van N-kunstmest (kg/ha gras) en voer (kVEM/ha voederopp.), het saldo (f/ha voederopp.) en het mineralenoverschot (kg/ha cultuurgrond) bij twee quotumniveaus en diverse prijzen (f/kVEM of f/kg)*

Jaar	Quotum (% tov 1988)	Prijzen			Verbruik (kVEM of kg/ha)			Saldo (f/ha)	Overschot	
		ruwvr	krvr	N	krvr	ruwvr a)	N		N	P
1988/89	100	0,33	0,44	1,16	3.144	1.603	344	8.001	453	37
2000	100	0,33	0,44	1,16	2.804	1.152	321	8.160	348	9
2000	100	0,29	0,35	1,16	2.940	1.019	310	8.478	342	10
2000	90	0,27	0,35	1,16	2.463	661	296	7.808	316	7
2000	100	0,24	0,25	1,16	3.120	888	287	8.865	328	10
2000	100	0,30	0,35	2,16	3.113	1.115	238	8.232	292	10
2000	100	0,24	0,25	2,16	3.426	1.006	176	8.655	251	12

a) aankopen minus verkopen minus voorraadtoename.

*Tabel 4.6 De verandering van het verbruik van N-kunstmest (kg/ha gras) en -voer (kVEM/ha voederopp.), het saldo (f/ha voederopp.) en het mineralenoverschot (kg/ha cult.grond) bij een quotumdaling, een krachtvoerprijsdaling en een stikstofprijsstijging*

Verandering	Verandering verbruik			Saldo (f/ha)	Overschot	
	krachtvoer	ruwvoer a)	N		N	P
Quotumverlaging (10%)	- 477	- 358	- 14	- 670	- 26	- 3
Krachtvoerprijs ↓ (f 0,10/kVEM)	+ 180	- 131	- 23	+ 387	- 14	0
N-prijs ↓ (f 1,-/kg)	+ 173	+ 96	- 72	- 246	- 50	0
N-prijs ↑ + krachtvoerprijs ↓	+ 486	- 13	- 134	+ 177	- 91	+ 2

a) aankopen minus verkopen minus voorraadtoename.

De eerste twee regels in tabel 4.5 geven aan dat de gevolgen van de milieumaatregelen, die bij dit onderzoek als vaststaand verondersteld zijn, fors zijn. Er is berekend dat het N-overschot in de periode 1988/89 tot 2000 zal dalen met 105 kg per hectare. Het P-overschot zal in dezelfde periode met 28 kg per hectare dalen. Bij P wordt de grote daling voornamelijk gerealiseerd doordat verondersteld is, dat geen P-kunstmest meer gebruikt zal worden.

Door de scherpere fosfaatnormen verdubbelt de mestafvoer van 5 kg P per hectare in 1988/89 naar 10 kg P per hectare in 2000. In 2000 is dit een afvoerpost op de mineralenbalans van gemiddeld 59 kg N per hectare ten opzichte van 24 kg N per hectare in 1988/89. Dit is een daling van het N-overschot met 35 kg N per hectare. De afvoer van mest gaat gepaard met

afzetkosten ter grote van gemiddeld 165 gulden per hectare. Deze kosten zullen ontstaan op bedrijven met meer dan 2 gve per hectare en/of een intensieve veehouderij tak.

Doordat verondersteld is dat stallen, mestopslag en mestaanwending in 2000 emissie-arm zullen zijn (zie paragraaf 4.2.5), wordt de benutting van de N in organische mest bijna verdubbeld. Hierdoor behoeft minder N-kunstmest te worden aangekocht, waardoor het N-overschot met ongeveer 45 kg per hectare daalt.

Als gevolg van de veronderstelde technische vooruitgang, in zowel de melkproduktie per koe als de graslandopbrengst, stijgt het saldo in de periode 1988 tot 2000 bij een gelijkblijvend quotum en gelijke prijzen. Door een kleinere omvang van de veestapel en een grotere graslandproduktie dalen de voeraankopen, waardoor het N-overschot met nog eens 25 kg per hectare daalt.

Een quotumdaling van 10% in 2000 geeft een forse verlaging van het voerverbruik, als gevolg van de lagere veebezetting. Het stikstofverbruik daalt maar weinig. De hoogte van de optimale stikstofgift hangt namelijk voornamelijk af van de verhouding tussen de prijs per kg stikstof en de opbrengst van de laatste kg N (besparing aan voeraankopen). Pas als een bedrijf ruwvoer overhoudt en dit niet voor de geldende ruwvoerprijs kan verkopen, daalt voor dit bedrijf de optimale stikstofgift. Als gevolg van de dalende melkopbrengsten daalt het saldo fors, terwijl de mineralenbalans weinig gunstiger wordt.

Een verlaging van de krachtvoerprijs in 2000 heeft een iets groter krachtvoerverbruik en een hoger saldo tot gevolg. Doordat minder ruwvoer nodig is, daalt het stikstofverbruik enigszins, waardoor het N-overschot iets daalt.

Een verhoging van de stikstofprijs in 2000 met één gulden per kg heeft een verhoging van het krachtvoerverbruik en een verlaging van het stikstofverbruik tot gevolg. Als gevolg van hogere voer- en bemestingskosten daalt het saldo met ongeveer 250 gulden per hectare. De "uitwisseling" van stikstof naar een hoger krachtvoerverbruik is vooral groot bij een lage krachtvoerprijs, zoals blijkt uit tabel 4.5 en 4.6. Het negatieve effect van de hogere stikstofprijs op het saldo wordt dan gecompenseerd door de lagere krachtvoerprijs. Daarnaast wordt het N-overschot door het lagere stikstofverbruik gunstiger. Een stikstofheffing in de toekomst zal dus vooral effect hebben bij een lage krachtvoerprijs. Het N-overschot daalt dan het sterkst.

Zoals eerder al genoemd, zal in de toekomst krachtvoer goedkoper en stikstof duurder worden. Dit komt overeen met het laatste scenario in tabel 4.5. Dit scenario heeft tot gevolg dat, ten opzichte van scenario's met gewijzigde prijzen, meer voer (krachtvoer) van buiten de melkveehouderij moet worden aangekocht. Ten opzichte van 1988/89 is er echter nog steeds sprake van een daling van de voeraankopen.

In hoeverre voer geteeld kan worden op grond waarop nu akkerbouwprodukten worden geteeld, of moet worden ingevoerd vanuit het buitenland is een vraagstuk op zich. Uiteraard heeft dit grote gevolgen voor de nationale mineralenbalans. Door De Haan en De Hoop (1991) zijn saldi

van voedergewassen vergeleken met saldi van traditionele akkerbouwgewassen (gemiddeld over 5 jaar). De conclusie die hieruit getrokken werd, is dat alleen het saldo van voederbieten kan concurreren met de teelt van granen. Voederbieten zijn echter net als suikerbieten vatbaar voor het bietencystenaaltje en de teelt van voederbieten is daarom minder geschikt voor akkerbouwbedrijven met suikerbieten. Hierdoor is de verwachting dat de teelt van voedergewassen op akkerbouwbedrijven niet op grote schaal zal plaatsvinden.

De 2 belangrijkste conclusies uit dit onderzoek zijn:

- de milieumaatregelen en produktiviteitsontwikkelingen, die in dit onderzoek als vaststaand voor 2000 worden verondersteld, hebben het grootste effect op het mineralenoverschot. Zonder prijs- of quotumveranderingen daalt het N-overschot namelijk al met 105 kg ten opzichte van dat in 1988/89. Hiervan wordt 35 kg bereikt door de fosfaatnormen, 45 kg door de emissie beperkende maatregelen (stallen, mestopslag en mestaanwending) en 25 kg door de veronderstelde produktiviteitsontwikkelingen bij het grasland en het vee. Interessant is het ook om te weten of zonder de milieumaatregelen een quotumdaling en een daling van de krachtvoerprijs een groot deel van de effecten van de milieumaatregelen teweeg zouden brengen. In de discussie wordt hier verder op ingegaan (paragraaf 4.5.2);
- krachtvoer en stikstof zijn in ruime mate uitwisselbaar, zoals ook al bleek uit de formules in paragraaf 4.3.4 en de prijselasticiteiten in tabel 4.4. Een heffing op stikstof teneinde het N-overschot te verlagen zal dan ook effectiever zijn indien de krachtvoerprijs laag is. De EU-maatregel waardoor de graanprijs en dus de krachtvoerprijs daalt, heeft op zich een gering effect op het mineralenoverschot, maar versterkt dus het effect van een N-heffing op het N-verbruik aanzienlijk.

#### 4.4.2 Het effect van gewijzigde prijzen op overige milieu-aspecten

In dit onderzoek is het effect van gewijzigde prijsverhoudingen op het energieverbruik niet berekend. Volgens Brand et al. (1993) bedraagt het indirecte energieverbruik (ten gevolge van de produktie en het transport) van krachtvoer en stikstof 38,9 MJ per kg zuivere N en 6,4 MJ per kg krachtvoer (6,8 per kVEM). Na berekening van het indirecte energieverbruik aan stikstof en krachtvoer blijkt dat er nauwelijks sprake is van een verbetering, indien stikstof wordt vervangen door krachtvoer. Bij de diverse prijscombinaties in tabel 4.5 wordt per hectare 33 à 34 duizend MJ per hectare aan indirecte energie via kunstmest en voer aangevoerd. Alleen het scenario met een quotumdaling van 10% komt beneden de overige. De indirecte energie-aanvoer via voer en kunstmest bedraagt dan 29 MJ per hectare. Ten opzichte van 1988/89 vertonen alle scenario's een forse verbetering. In 1988/89 was dit in werkelijkheid nog 41 duizend MJ per hectare. Optimalisering van het saldo voor de situatie in 1988/89 levert een aanvoer aan indirecte energie van 39 MJ per hectare.



Een ander milieu-aspect is de methaanproductie van rundvee. Methaan staat bekend als broeikasgas en is daarom niet gewenst. Het komt onder andere vrij bij de fermentatie in de pens van herkauwers. Van Amstel et al., (1993) geven aan dat naarmate de verteringscoëfficiënt van het rantsoen van herkauwers hoger wordt, de methaanproductie lager wordt. Dus, naarmate de ruwvoer/krachtvoer-verhouding in het rantsoen van herkauwers hoger wordt, wordt er minder methaan geproduceerd. Bij het scenario waarbij is gerekend met een krachtvoerprijs van f 0,25 per kVEM en een stikstofprijs van f 2,16 neemt het krachtvoerverbruik per koe toe, zodat de methaanproductie per koe zal afnemen. Daarnaast zal bij dit scenario het aantal melkkoeien dalen van 1,83 (1988/89) naar 1,53. Bij de overige scenario's, uitgezonderd die met een quotumdaling, neemt het krachtvoerverbruik per koe iets af waardoor de methaanproductie per koe iets zal toenemen. Echter, ook hier is het aantal melkkoeien per hectare veel lager (1,56 tot 1,59) dan dat in het basisjaar (1,83), zodat verwacht kan worden dat de methaanproductie door herkauwers in 2000 zal afnemen.

## **4.5 Discussie**

In deze paragraaf wordt een motivatie en evaluatie gegeven van de gehanteerde methode en algemene uitgangspunten. Waar mogelijk wordt aangegeven wat het effect is van gemaakte keuzes op de resultaten.

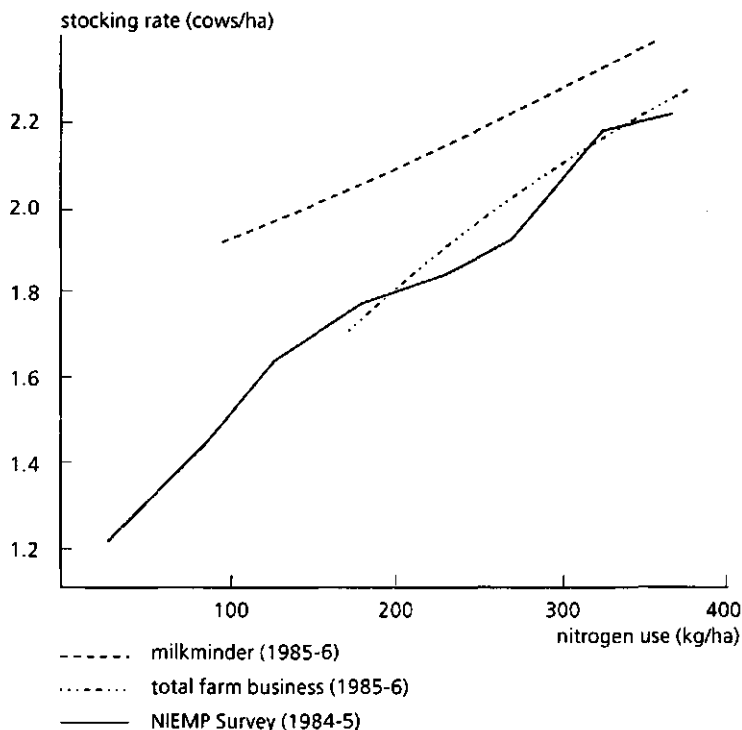
### **4.5.1 Motivatie en evaluatie van de gehanteerde methode**

In een aantal subparagrafen wordt stilgestaan bij de effecten van de gekozen benadering, produktiefuncties en de optimaliseringstechniek.

#### **4.5.1.1 De gekozen benadering**

Er is gebruik gemaakt van de zogenaamde optimaliseringsbenadering, dat wil zeggen dat de inzet van stikstof, krachtvoer en ruwvoer wordt berekend door het saldo per hectare te maximaliseren gegeven een aantal geschatte produktiefuncties. Deze benadering kan worden vergeleken met een werkwijze waarbij het verbruik van inputfactoren direct verklaard wordt uit een aantal factoren door schatting van een regressievergelijking op basis van historische data, zonder expliciet een produktiefunctie te schatten. De econometrie kiest deze aanpak. Daarbij worden vraagvergelijkingen naar inputs afgeleid uit een theoretisch raamwerk dat het producentengedrag beschrijft. De vraag naar inputs wordt daarbij in verband gebracht met de input- en outputprijzen, de inzet van vaste produktiemiddelen, de stand van de techniek en dergelijke. In de literatuur worden ook partiële benaderingen aangetroffen, waarbij de vraag naar inputs weliswaar direct verklaard wordt uit een aantal theoretisch voor de hand liggende factoren maar waarbij een minder directe link met een theoretisch raamwerk wordt gelegd.

Een zeer partieel verband tussen de stikstofgift en één verklarende variabele (de veebezetting per hectare) wordt bijvoorbeeld gegeven door Gardner (1991). In figuur 4.13 is dit verband voor de Engelse situatie weer-gegeven.



Figuur 4.13 De relatie tussen het stikstofverbruik en de veebezetting in het Verenigd Koninkrijk  
Bron: Gardner (1986).

Een soortgelijk verband tussen de melkproductie per hectare (quotum) en de N-kunstmestgift per hectare gras is geschat met behulp van regressie-analyse op basis van gegevens uit het LEI-Boekhoudnet. Hierbij zijn de gegevens van de bedrijven met meer dan 10 melkkoeien uit de 1977/78 tot en met 1990/91 geanalyseerd. De N-kunstmestgift is de afhankelijke variabele en het quotum per hectare en de N-prijs zijn de verklarende variabelen. Tabel 4.7 geeft de resultaten van de regressie-analyse op basis van alle individuele bedrijfsgegevens over de periode 1977/78 tot en met 1990/91 en op basis van jaargemiddelden. Het uitvoeren van de analyse op individuele bedrijfsgegevens heeft als voordeel dat de oorspronkelijke spreiding in het materiaal niet verloren gaat door het nemen van gemiddelden per jaar.

Hierdoor blijft het waarnemingsveld breed. De grote spreiding is echter ook een nadeel. Verschillen tussen bedrijven, die niet gerelateerd kunnen worden aan de verklarende variabelen, worden niet uitgemiddeld. De haalbare  $R^2_{adj}$  op basis van de individuele bedrijfsgegevens is dan ook lager dan die behaald is bij het regressiemodel op basis van gemiddelde cijfers. De coëfficiënten zijn wel significanter, getuige de hogere t-waarden.

Bij de 2 modellen op basis van jaargemiddelden betekent een verlaging van het quotum met 1000 kg per hectare een verlaging van het stikstofverbruik van 23 kg per hectare. Bij de modellen op basis van de individuele bedrijfsgegevens is dit 10 kg. Volgens de in dit onderzoek toegepaste optimalisatiebenadering is dit ongeveer 18,7 kg (zie functies in paragraaf 4.3.4).

Als gevolg van de hoge correlatie tussen de N-prijs en het quotum (de N-prijs was hoog in de periode dat ook de melkproductie per hectare hoog was) wordt het effect van de N-prijs op het N-verbruik slecht geschat. Het is niet aannemelijk dat, wanneer de prijs stijgt, het verbruik van stikstof toeneemt.

In hoofdstuk 2 is een literatuuroverzicht gegeven van prijselasticiteiten. De eigen prijselasticiteit voor meststoffen varieert van -0,1 tot -1,2. De in dit onderzoek berekende eigen prijselasticiteit voor N-kunstmest varieert van -0,14 tot -0,98 (zie tabel 4.4), afhankelijk van de hoogte van prijzen en de hoogte van het melkquotum.

*Tabel 4.7 Coëfficiënten van de verklarende variabelen in regressiemodellen, met het N-kunstmestverbruik per hectare gras als afhankelijke variabele, op basis van alle individuele bedrijfsgegevens en op basis van jaargemiddelden (tussen haakjes de t-waarden)*

Onafhankelijke variabelen	Individuele bedrijfsgegevens		Jaargemiddelden	
$R^2_{adj}$	0.148	0.150	0.741	0.719
Constance	212.00 (43.87)	195.23 (28.83)	62.2 (1.45)	55.2 (1.02)
Quotum (1000 kg/ha)	9.934 (27.29)	9.947 (27.36)	22.58 (6.18)	22.64 (5.94)
N-prijs(f/kg)		12.96 (3.53)		4.6 (0.23)

#### 4.5.1.2 De gekozen optimaliseringstechniek

Zoals in de vorige paragraaf al is vermeld is in dit onderzoek gekozen voor de optimaliseringsbenadering. Uitgangspunt hierbij is dat de producenten (veehouders) streven naar maximalisatie van het saldo (opbrengst minus toegerekende kosten) per hectare. In de praktijk zal een veehouder ook andere (neven)doelen nastreven, zoals bijvoorbeeld vermindering van de arbeidsinzet, verhoging van de melkproductie per koe, vermindering van de belasting van het milieu. Deze neven-doelen zijn in dit onderzoek niet

meegenomen als producentengedrag, omdat ze moeilijker te kwantificeren zijn en vooral omdat ze niet bekend zijn. Het achterwege laten van de nevendoeleken kan tot gevolg hebben dat het absolute niveau van het gebruik van inputfactoren, gegeven bepaalde prijsverhoudingen, te hoog of te laag wordt ingeschat.

De optimalisatie van het saldo is als volgt geïmplementeerd: per LEI-boekhoudnetbedrijf met meer dan 10 melkkoeien zijn 32 bedrijfsplannen doorgerekend met een variërende stikstofgift per hectare en een variërende krachtvoergift per koe. Afhankelijk van ingevoerde prijzen voor stikstof, krachtvoer en ruwvoer kiest ieder bedrijf voor het bedrijfsplan dat het hoogste saldo oplevert. Vervolgens kunnen de individuele bedrijfsplannen worden geaggregeerd naar nationaal niveau. Het voordeel van deze aanpak boven het optimaliseren via een LP-model is dat via deze methode niet één bedrijfssituatie maar alle bedrijven uit het LEI-Boekhoudnet, die representatief zijn voor de Nederlandse melkveehouderij, worden geoptimaliseerd. Ieder bedrijf zal namelijk uitgaande van de eigen bedrijfsspecifieke uitgangssituatie anders reageren op prijsveranderingen van de inputfactoren. Daarnaast wordt per bedrijf niet slechts één optimum, maar worden meerdere suboptimale bedrijfsplannen doorgerekend. Hierdoor wordt een beter inzicht in de modelresultaten en in de gevoeligheid van het optimum verkregen.

#### 4.5.1.3 De gekozen produktiefuncties

Zoals eerder al vermeld, wordt bij de optimaliseringsbenadering uitgegaan van produktiefuncties. De produktiefunctie voor de graslandproduktie bij een variërende N-gift is verkregen via regressie-analyse op basis van praktijkgegevens uit de periode 1985/86 tot en met 1989/90. Bijlage 5 toont dat de relatie tussen de graslandopbrengst en de N-gift van jaar tot jaar verschilt. Als basisfunctie is het gemiddelde van de lijnen in bijlage 5 genomen. Vervolgens is deze gemiddelde lijn verhoogd als gevolg van een veronderstelde technische vooruitgang (zie figuur 4.6). De hierdoor verkregen produktiefunctie voor 2000 is slechts geldig voor het gemiddelde bedrijf qua voeraankopen in 1988/89. Afhankelijk van het verschil tussen gerealiseerde voeraankopen in 1988/89 en een maatstaf hiervoor wordt voor ieder bedrijf een eigen produktiefunctie berekend (zie paragraaf 4.2.3.2). Het is namelijk te verwachten dat de respons van de grasgroei op een verandering van de N-bemesting op ieder bedrijf anders is, afhankelijk van grondsoort, vocht-huishouding, botanische samenstelling en graslandmanagement. Zoals gesteld, is gekozen voor bedrijfsspecifieke produktiefuncties gebaseerd op praktijkgegevens. Indien gekozen was voor één normatieve produktiefunctie gebaseerd op proefveldgegevens, dan zouden in 2000 ruwvoeraankopende bedrijven vrijwel gelijk reageren op een prijswijziging van stikstof, omdat op alle bedrijven de marginale opbrengst van N gelijk zou zijn. De voor 2000 berekende voeraankopen zouden dan aanzienlijk lager zijn geweest, omdat de normatieve graslandproduktie veel hoger is dan die in de praktijk (vergelijk bijlage 5 met figuur 4.1).

#### 4.5.2 Motivatie en evaluatie van gekozen uitgangspunten

Bij dit onderzoek zijn de berekeningen uitgevoerd voor de verwachte situatie in het jaar 2000. De verwachting is dat rond 2000 een stabilisatie optreedt van de effecten veroorzaakt door milieumaatregelen en de plannen van Mac Sharry. Voor een dergelijke analyse op middellange termijn is het noodzakelijk om te komen tot een goede inschatting van de produktiviteitsontwikkeling van met name de melkproduktie per koe en de grasland-opbrengst per hectare.

Voor het grasland is een produktiviteitsstijging van ongeveer 300 kVEM netto per hectare verondersteld bij een stikstofgift van 400 kg (zie figuur 4.6). De aanname omtrent de exacte stijging van de graslandopbrengst is niet te onderbouwen met literatuurgegevens. Indien deze hoger zou zijn ingeschat dan zou, als gevolg van een hogere marginale opbrengst van stikstof, de optimale stikstofgift op de intensieve bedrijven hoger zijn. Het aantal ruwvoeraankopende bedrijven neemt dan echter af. De toename van het aantal bedrijven dat ruwvoer overhoudt, heeft een vermindering van het gemiddelde stikstofverbruik tot gevolg. Gemiddeld over alle bedrijven zal de hoogte van de produktiviteitsstijging de keuze van het bedrijfsplan nauwelijks beïnvloeden. Als gevolg van de produktiviteitstoename zal minder voer aangekocht behoeven te worden. Dit geeft een verlaging van het N-overschot met ongeveer 8 kg N per hectare.

Voor de melkproduktie per koe is een stijging ingeschat van 150 kg fpcm (fat and protein corrected milk). In de periode 1975 tot en met 1990 was de stijging gemiddeld 112 kg fpcm (Landbouwcijfers, 1992). Gezien de snelle ontwikkelingen in de biotechnologie lijkt een snellere stijging van de erfelijke aanleg van de veestapel niet onwaarschijnlijk. De veronderstelde stijging van 150 kg fpcm wordt bij de optimalisatie voor 2000 niet gehaald als gevolg van een relatief lager krachtvoerconsumptie (relatief ten opzichte van de norm) als dat van het basisjaar. Er is berekend dat de melkproduktie per koe in 2000 tussen 7.600 en 7.900 kg fpcm zal liggen, afhankelijk van de prijzen van inputvariabelen. Als gevolg van een lagere veebezetting dalen de voeraankopen, waardoor het N-overschot met ongeveer 17 kg per hectare daalt.

Op basis van de veronderstelling dat de mestaanwending, de mestopslag en de stallen in 2000 emissie-arm zijn, zijn de werkingscoëfficiënten van stikstof in organische mest verhoogd. Dit heeft geen gevolgen voor de hoogte van de N-bemesting, maar heeft wel een verhoging van het aandeel werkzame N uit organische mest tot gevolg. Hierdoor is de aanvoer van N-kunstmest lager. Dit resulteert in een verlaging van het N-overschot met 45 kg per hectare. Indien de emissie-beperkende maatregelen niet worden opgelegd, dan lijkt het onwaarschijnlijk dat er emissie-arme stallen en mestopslag worden gebouwd, omdat het te verwachten is dat de extra kosten hoger zullen zijn dan de besparing aan N. Bij het emissie-arm aanwenden van mest liggen de kosten en opbrengsten dicht bij elkaar. Het emissie-arm aanwenden kost ongeveer 3 gulden meer dan oppervlakkig uitrijden en levert per m<sup>3</sup> ongeveer 1,5 kg werkzame N extra. Indien de N-prijs meer dan

2 gulden per kg bedraagt, is emissie-arm aanwenden dus economisch aantrekkelijk. Indien het emissie-arm aanwenden niet verplicht zou zijn, dan zou dit alleen toegepast worden bij scenario's waarbij de N-prijs boven de 2 gulden per kg ligt. Dit betekent dat het N-overschot bij de overige scenario's ongeveer 45 kg per hectare hoger zou uitkomen, dan nu berekend is.

In de Structuur Nota Landbouw (Ministerie LNV, 1989) is als één van de doelstellingen vermeld: het streven naar een evenwichtsbemesting voor P in 2000. In dit onderzoek is deze doelstelling meegenomen door de fosfaat-norm voor grasland afhankelijk te stellen van de netto-graslandopbrengst (zie paragraaf 4.2.5). Bij een N-bemesting van 300 kg is de P-norm ongeveer 95 kg per hectare gras. Dit betekent dat bedrijven met meer dan 2 gve per hectare (één gve produceert 47,2 kg P) mest af moeten voeren. Op bedrijven in een gebied met hoge mestafzetkosten kunnen deze hoge kosten mede bepalend zijn voor de keuze van het bedrijfsplan. Eén koe (+ 0,3 gve jongvee) extra kost een bedrijf met een fosfaatoverschot in een overschotgebied ongeveer f 800 aan mestafvoerkosten. In dit onderzoek is dan ook het saldo (opbrengst minus toegerekende kosten), verminderd met de mestafvoerkosten, geoptimaliseerd. Op bedrijven met hoge mestafvoerkosten betekent dit, dat de krachtvoergift relatief hoog blijft, waardoor de veebezetting relatief laag blijft. Als gevolg van de P-normering wordt het N-overschot gemiddeld met 35 kg verlaagd.

## 5. DE LANGJARIGE ONTWIKKELING VAN DE KILOGRAMOPBRENGSTEN VAN GRAAN

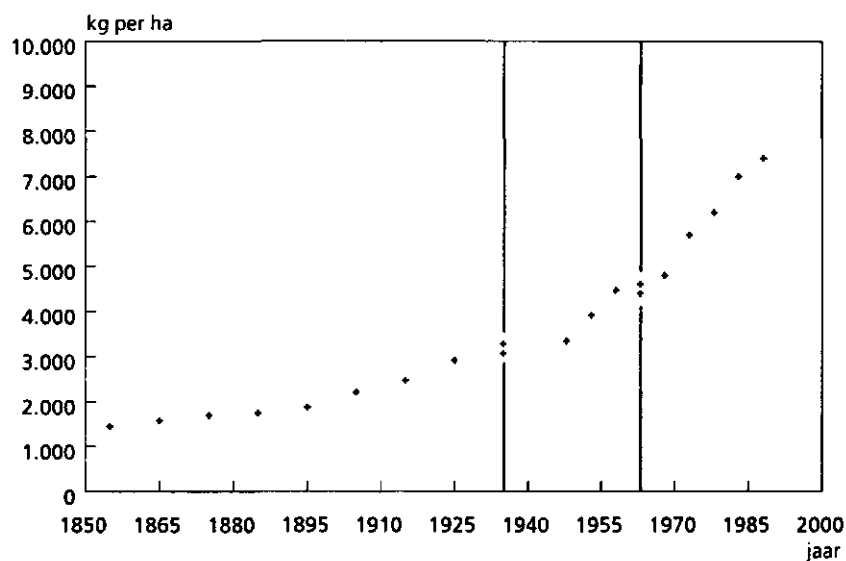
### 5.1 De kilogramopbrengsten per hectare

De fysieke opbrengsten per hectare graan variëren sterk van jaar tot jaar. Verschillen tussen twee opeenvolgende jaren van meer dan 1.000 kg - als gevolg van bijvoorbeeld verschillen in weersomstandigheden en ziekten en plagen - zijn niet uitzonderlijk. Om te kunnen bepalen hoe de kilogramopbrengsten van graan zich op wat langere termijn ontwikkelen, is het noodzakelijk om te kunnen beschikken over langjarige reeksen.

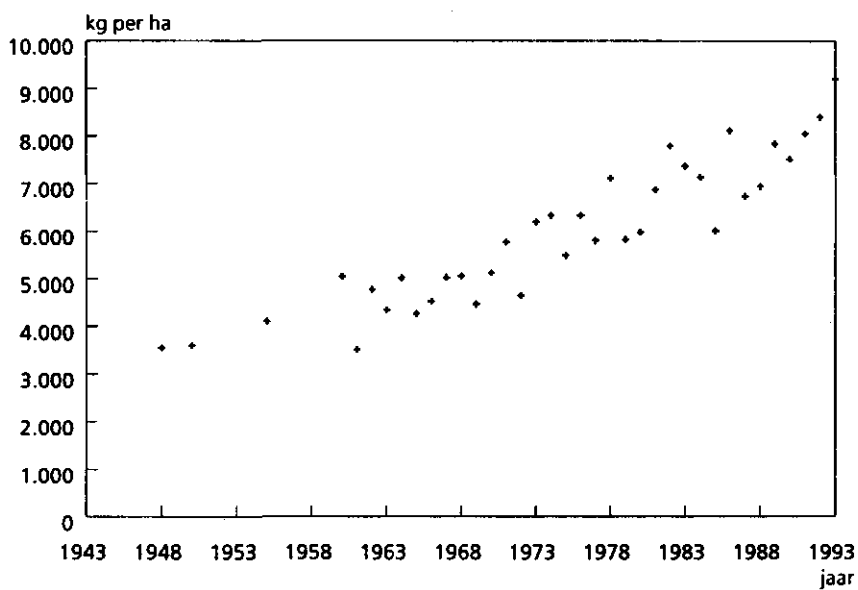
Figuur 5.1 geeft de ontwikkeling van de kilogramopbrengsten per hectare voor wintertarwe sinds 1850. Voor de periode 1850-1940 gaat het om tienjaarlijkse gemiddelden van oogstramingen voor tarwe voor geheel Nederland. De cijfers voor de periode 1945-1960 zijn vijfjaarlijkse gemiddelden voor wintertarwe voor het zeekeleigebied. Het tienjaarlijkse gemiddelde voor de periode 1931-1940 voor dit gebied is ter vergelijking eveneens weergegeven. Voor de periode vanaf 1960 hebben de kilogramopbrengsten betrekking op het Noordelijk kleigebied; deze cijfers zijn ontleend aan het LEI-Boekhoudnet. De totale reeks kan gezien worden als een redelijke benadering van de kilogramopbrengsten in het Noordelijk kleigebied. Landelijke gemiddelden zijn minder geschikt voor tijdreeksen, omdat die beïnvloed worden door verschillen in ontwikkelingen in de arealen graan tussen regio's.

Uit figuur 5.1 blijkt dat de graanopbrengsten vooral na de Tweede Wereldoorlog sterk zijn gegroeid. Van minder dan 3.500 kilogram naar meer dan 8.000 kg in 45 jaar tijd (100 kg groei per jaar). Over de gehele periode 1850-1990 is de gemiddelde groei bijna 50 kg per jaar, variërend van ongeveer 10 kg per jaar in het begin van deze periode tot ongeveer 150 kg per jaar in sommige decennia in de laatste vijftig jaar. En hoewel de huidige kilogramopbrengsten steeds dichterbij de potentiële produktiemogelijkheden komen te liggen, lijkt een vermindering van de opbrengsten per hectare nog niet in zicht.

Hectare-opbrengsten voor wintertarwe in het Noordelijk kleigebied op jaarbasis zijn in figuur 5.2 weergegeven. De cijfers zijn gebaseerd op het LEI-Boekhoudnet. Uiteraard moet ook bij de interpretatie van deze cijfers rekening gehouden worden met het feit dat de omvang van het areaal in het betreffende gebied aan verandering onderhevig is. Een toename van de braak gelegde hoeveelheid grond leidt vrijwel zeker tot een stijging van de gemiddelde opbrengsten per (overblijvende) hectare.



*Figuur 5.1 Kilogramopbrengsten van wintertarwe in de periode 1850-1990*



*Figuur 5.2 Hectare-opbrengsten voor wintertarwe in het Noordelijk kleigebied*

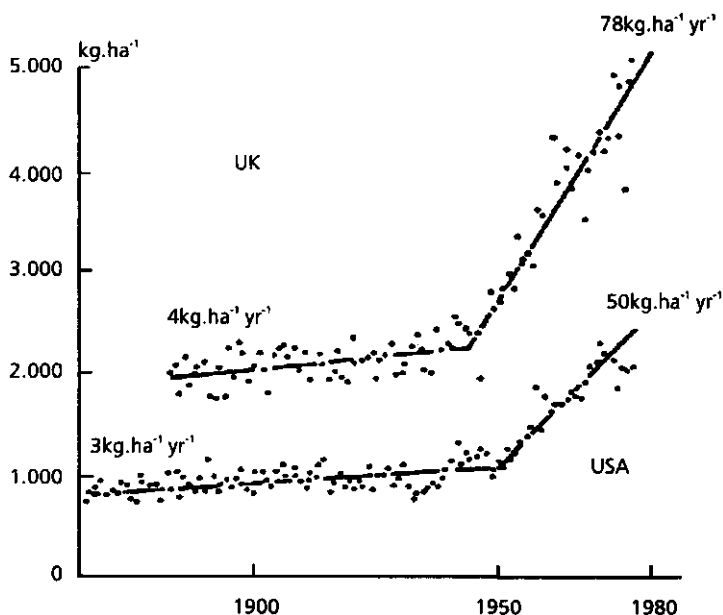


In de periode 1950-1970 stijgt de opbrengst per hectare van ongeveer 4.000 kg naar ongeveer 5.000 kg, om daarna versneld toe te nemen tot meer dan 8.000 kg. Een verminderd stijgingstempo als gevolg van een dalende graanprijs sinds 1984 (zie hoofdstuk 3) is niet duidelijk waarneembaar.

De Wit et al. (1987) geven een figuur waarin de kilogramopbrengsten van tarwe voor de VS en het VK worden gegeven (figuur 5.3). In deze landen is na de Tweede Wereldoorlog sprake van een trendbreuk. Na een lange periode met een gemiddelde jaarlijkse stijging van de produktie per hectare van slechts enkele kg, is er een overgang naar een stijging van 50 à 100 kg per hectare.

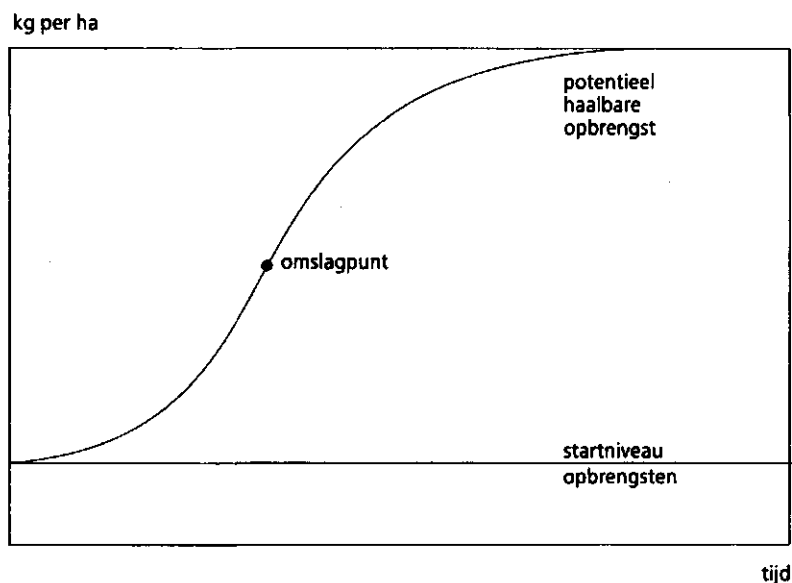
Weber & Ehlers (1987) presenteren cijfers voor Duitsland. Ze komen tot een soortgelijk verloop voor de geschatte graanopbrengsten als voor Nederland, zij het op een iets lager niveau. Van een niveau van bijna 1.250 kg/ha in 1880, naar ruim 1.700 kg/ha in 1905, 2.000 kg/ha in 1930, ruim 2.600 kg/ha in 1955 en bijna 4.500 kg/ha in 1980.

De knik in de ontwikkeling van de opbrengsten per hectare na de Tweede Wereldoorlog die voor de VS en het VK zijn waar te nemen, is weliswaar ook in de meeste Westeuropese landen aanwezig, maar er is toch duidelijk sprake van een meer geleidelijk verloop.



*Figuur 5.3 De ontwikkeling van de opbrengst per hectare wintertarwe in de VS en het VK gedurende de laatste honderd jaar*

Weber & Ehlers (1987) hebben het verloop van de hectareopbrengsten in de loop van de tijd voor een groot aantal landen in de wereld geanalyseerd. Ze komen tot de conclusie dat het verloop heel goed met behulp van een logistische functie kan worden weergegeven (figuur 5.4). Deze functie geeft weer dat er vanaf een bepaald startniveau qua opbrengsten per hectare eerst sprake is van een exponentiële groei totdat een omslagpunt wordt bereikt. Daarna blijft er sprake van groei, maar in afnemende mate totdat de potentieel haalbare graanopbrengst is bereikt. In de buurt van het omslagpunt is er sprake van een vrij constante groei. Wossink (1993) neemt deze constante groei als uitgangspunt voor de formulering van scenario's op het gebied van technische en institutionele ontwikkelingen. Ze onderbouwt dat verder met het argument dat er op middellange termijn (10 tot 15 jaar) een continue toename in de technische mogelijkheden tot het verhogen van de opbrengsten per hectare verwacht mag worden als gevolg van conventionele plantenverdeling en biotechnologie. In navolging van Gotsch & Bernegger (1990) stelt ze dat op de middellange termijn genetische verbetering nauwelijks beïnvloed wordt door de economische en institutionele randvoorwaarden. Uiteraard hangt de daadwerkelijke toepassing van verbeterde technologie wel af van de economische en institutionele omgeving.



*Figuur 5.4 Het verloop in de tijd van de gewasopbrengsten per hectare, weergegeven met een logistische functie die asymptotisch nadert tot de potentieel haalbare gewasopbrengst*

Weber & Ehlers (1987) constateren dat voor de meeste landen de logistische functie goed aansluit bij historische gegevens - beter dan een lineaire functie -, maar dat nog vrijwel nergens het "Wendepunkt" bereikt is. Nederland zit nog het dichtst bij een omslagpunt: een maximaal haalbare opbrengst van 12,8 ton tegenover een gemiddelde graanopbrengst van 6,37 ton. Daarbij gaat het overigens om gemiddelde opbrengsten voor alle granen. Weber & Ehlers tekenen ook aan dat de maximaal haalbare opbrengsten uiteraard verschillen van perceel tot perceel, en dat indien gekeken wordt naar het meest produktieve deel van het bouwland in een land, uitgaan moet worden van hogere maxima.

Als voornaamste reden voor afnemende groei in de gewasopbrengsten per hectare wordt genoemd dat bij een toenemend opbrengstniveau plantfysiologische, genetische en ecologische beperkingen een steeds grotere rol gaan spelen.

Weber & Ehlers laten ook zien dat het logistische verband pas geldt nadat landen door een periode van stagnatie en zeer langzame groei in de gewasopbrengsten heen zijn. Voor de VS begint de curve daarom op een later moment dan voor bijvoorbeeld Duitsland en Nederland. Pas als voldaan is aan bepaalde economische voorwaarden (bijvoorbeeld ten aanzien van de vraagintensiteit per oppervlakte-eenheid) begint de groei van de hectare-opbrengsten op gang te komen. Het is moeilijk te achterhalen wat de invloed geweest is van specifieke economische omstandigheden op de snelheid van de ontwikkeling in de kilogramopbrengsten per hectare. Ondersteuning van de landbouw door de overheid - via bijvoorbeeld hoge productprijzen - kan het aantrekkelijk maken om veel te investeren in onderzoek gericht op opbrengstverhoging en om technische ontwikkelingen snel te introduceren. Maar diezelfde overheid kan de landbouw ook indirect ondersteunen door zelf veel geld te steken in onderzoek gericht op opbrengstverhoging. In Nederland heeft de overheid relatief sterk in deze laatste richting ondersteund. Wel is het zo dat er vanaf de jaren dertig een veel directere ondersteuning van de tarweproduktie via de prijs heeft plaatsgevonden. De introductie van de Tarwewet in 1931 zorgde ervoor dat het tarweareaal in vijf jaar tijd van 50.000 hectare naar 150.000 ha ging (De Jong, 1990). De prijzen die tussen 1926 en 1930 waren gehalveerd, kwamen daarmee weer op een redelijk peil. Na de Tweede Wereldoorlog werd de prijssteun voortgezet, eerst in nationaal verband en later in EU-verband.

Statistieken over de graanopbrengst per hectare in de EU over de laatste 20 jaar laten zien dat de jaarlijkse stijging gemiddeld 100 kg bedraagt en dat er geen sterke aanwijzingen zijn dat de stijging aan het afzwakken is sinds de prijzen vanaf ongeveer 1983 gingen dalen (Eurostat, 1994).

## **5.2 De factoren achter de opbrengststijging**

Wat zijn de motoren achter deze enorme technische ontwikkeling? In de periode 1850-1900 trad er een stijging op van 1.500 naar 2.000 kg per hectare. Hoewel kunstmest al geruime tijd bekend was, duurde het lang

voor het gebruikt ging worden, ondanks een steeds groter behoefte aan bemesting in de tweede helft van de vorige eeuw. De vruchtbaarheid van de bodem werd vooral gestimuleerd door het gebruik van dierlijke mest, stadsvuil, vruchtwisseling met vlinderbloemigen en braak (Hutten & Rutten, 1990). Aan het begin van deze eeuw komt de veredeling op gang en beginnen de kunstmeststoffen aan hun opmars, al blijft de hoeveelheid kunstmest per hectare relatief bescheiden. De opbrengst van wintertarwe stijgt tot ongeveer 3.000 kg per hectare eind jaren dertig. Na de Tweede Wereldoorlog werden kortstrotorassen geïntroduceerd en is er sprake van een snel toenemend gebruik van stikstof. Ook onkruidbestrijdingsmiddelen vonden ingang (Rabbinge, 1987). Sinds het begin van de jaren zeventig is er sprake van een enorme toename van gewasbeschermingsmiddelen. Parallel daaraan werd steeds meer gebruik gemaakt van allerlei adviesystemen voor bemesting en gewasbescherming.

De ontwikkeling en toepassing van kunstmest, nieuwe rassen en gewasbescherming is maar een deel van het verhaal van de steeds groter wordende mogelijkheden om de produktiviteit van de grond op te voeren. Hutten & Rutten (1990) wijzen voor de periode 1880-1945 op de opkomst van proefbedrijven, de groei van onderwijsvoorzieningen en van allerlei vormen van voorlichting, waardoor de kennis onder de boeren snel kon toenemen. Ook waterbeheersing, ontginning, motorisering van de binnenscheepvaart, verkaveling, mechanisatie en de opkomst van coöperaties droegen hun steentje bij.

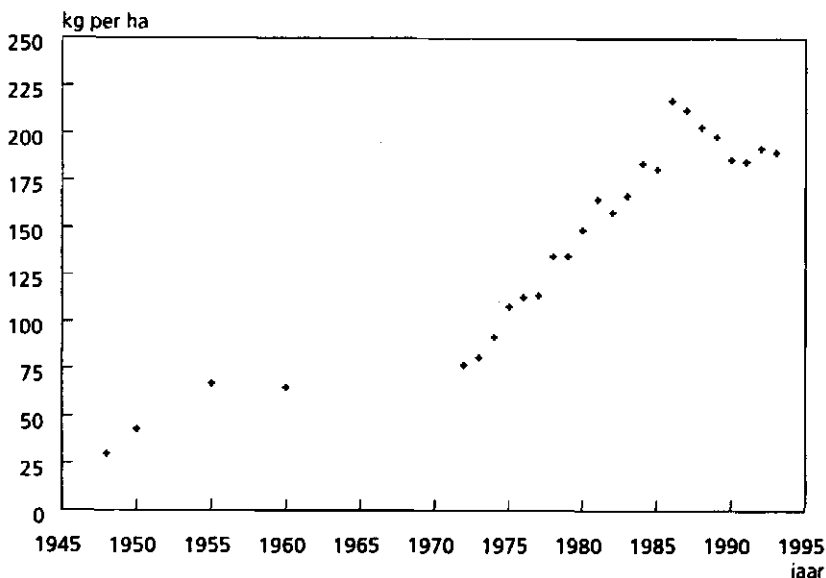
Na de Tweede Wereldoorlog worden de mogelijkheden van bemesting, gewasbescherming en grondbewerking sterk vergroot door de opkomst van door trekkers voortgetrokken werktuigen. Hutten & Rutten (1990) laten zien dat de ontwikkeling van de kunstmesttechnologie niet berustte op een autonoom proces, maar op een voortdurend krachtenspel tussen omgeving en technologie.

De Veer (1986) stelt dat in de moderne landbouw opbrengstverhoging steeds minder afhankelijk is van een toename in het gebruik van opbrengstverhogende inputs als kunstmest. Door de druk die er vanuit het milieubeleid komt om minder en efficiënter gebruik te maken van chemische inputs, ligt op dit moment en ook in de toekomst het accent op technische ontwikkelingen rond automatisering en biotechnologie (Hutten & Rutten, 1990). Maar volgens Duvick (1984) zal ook los van de milieuproblematiek de rol van opbrengstverhogende inputs in het realiseren van verhogingen van de produktie per hectare teruggedrongen worden en zal het accent meer komen te liggen op verbeterde variëteiten. "Nitrogen fertilizer and weed control probably are now being used at maximum effectiveness, or very nearly so. Of course, improved herbicides will continue to appear and nitrogen use in the cereals may go up even more as newer varieties, able to efficiently use more nitrogen, are developed. But the major gains in yield due to these additions seem to have been achieved. Therefore it is likely that the proportionate importance of breeding will increase during the next decade or two."

### 5.3 Het gebruik van inputs per hectare

Eén van de factoren achter de toename in de produktie per hectare is de toename van produktieverhogende inputs als kunstmest en pesticiden. Figuur 5.5 geeft voor het Noordelijk kleigebied de ontwikkeling van de inzet van N-kunstmest per hectare graan.

Na een vrij laag N-bemestingsniveau vlak na de Tweede Wereldoorlog, en een groei tot 70 kg rond 1970, treedt er een versnelling op in het gebruik. Rond 1986 wordt het hoogste niveau bereikt (circa 215 kg per hectare). Sindsdien heeft er een duidelijke daling in het stikstofgebruik plaatsgevonden. Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen steeg van enkele tientjes rond 1970 tot circa 380 gulden (nominaal) per hectare eind jaren tachtig. Op wintertarwe werd in het boekjaar 1989/90 bijna 8 kg actieve stof gegeven, waarvan 3,5 kg herbiciden en 2,8 kg fungiciden (Kavelaars & Poppe, 1993). Voor de overige regio's in Nederland is de ontwikkeling analoog geweest.

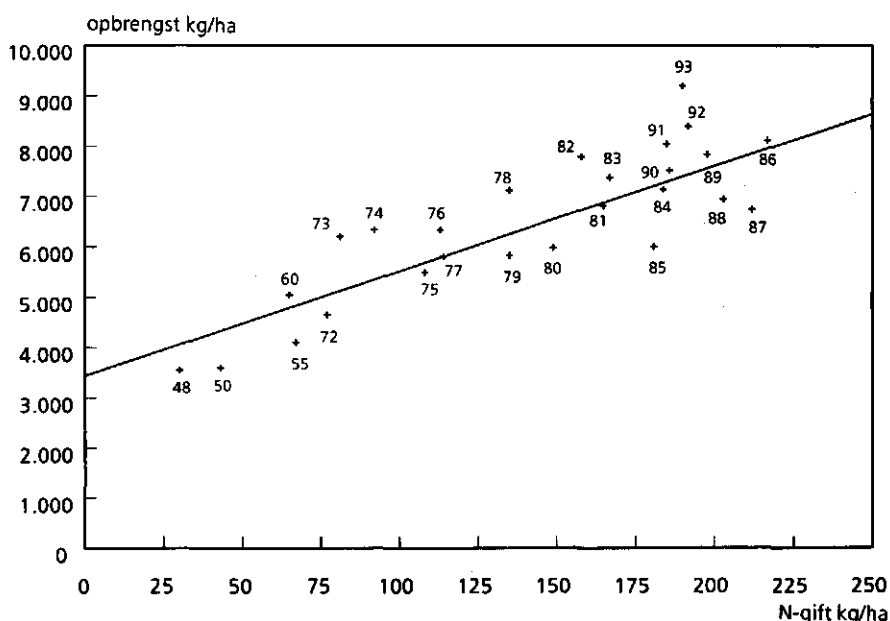


*Figuur 5.5 Het gebruik van N-kunstmest per hectare bij de teelt van wintertarwe in de periode 1945-1995 (Noordelijk kleigebied)*

Vergelijking van figuur 5.5 met figuur 5.2 laat zien dat de verminderde N-input in de afgelopen jaren niet heeft geleid tot lagere opbrengstniveaus, alhoewel de variërende weersomstandigheden tot voorzichtigheid manen bij het trekken van al te snelle conclusies. Blijkbaar zijn er mogelijkheden om efficiënter met de stikstof om te gaan.

## 5.4 Het verband tussen N-gift en opbrengst per hectare

In figuur 5.6 is voor de periode 1950-1990 het opbrengstniveau van wintertarwe afgezet tegen het niveau van de N-kunstmest-input. Het gaat hier weer om cijfers voor het Noordelijk kleigebied. Opvallend is het vrijwel lineaire verband. Een extra eenheid stikstof levert aan het eind van de periode ongeveer evenveel op als aan het begin van de periode. Dit komt overeen met wat De Wit (1992) signaleert. Het is echter de vraag wat deze lineaire relatie voorstelt. Als de N-fractie in het geoogste gewas constant zou zijn, dan zijn de extra N-verliezen als gevolg van een extra eenheid N ook constant per kg. De verliezen per hectare nemen dan echter toe in de loop van de tijd. Wanneer er vanuit het milieubeleid prikkels komen om de belasting per hectare te verminderen, ligt het voor de hand dat de lijn in de toekomst naar links zal afbuigen. Bij een constante N-opname per kg produkt zal de toegediende kunstmest efficiënter moeten worden benut om de belasting per hectare terug te dringen. De mogelijkheden om tot een doorgaande groei van de gewasopbrengsten te komen via bijvoorbeeld biotechnologie, zullen afhangen van de mate waarin de opname van nutriënten efficiënter kan plaatsvinden.



Figuur 5.6 De ontwikkeling in de tijd in het verband tussen N-kunstmestgift en gewasopbrengst bij wintertarwe

## 5.5 Conclusies

Over een periode van ongeveer 150 jaar hebben de opbrengsten per hectare wintertarwe in Nederland een voortdurende groei laten zien. Gemiddeld bedroeg de groei 1,2%, maar in de afgelopen vijftig jaar lag de groei op ongeveer 2%. Ook voor andere landen zijn er redelijk stabiele patronen waar te nemen.

In iedere periode waren het weer andere factoren die ervoor zorgden dat de hectare-opbrengsten trendmatig konden blijven groeien. De groei van inputs in het productieproces vertoont veel minder een stabiele ontwikkeling. Het is slechts één van de factoren die een rol spelen bij de technische ontwikkeling. Het is waarschijnlijk dat in de toekomst minder stikstof en gewasbeschermingsmiddelen per hectare zullen worden toegepast vanwege de strenger wordende milieu-eisen. Maar dat hoeft niet automatisch te betekenen dat de groei in de kilogramopbrengsten daardoor zal worden afgeremd. Door een efficiënter omgaan met inputs zal al voor een deel tegemoet gekomen kunnen worden aan strengere milieu-eisen.

Technische ontwikkeling zal weliswaar beïnvloed worden door economische en institutionele verhoudingen, maar daarbij lijkt het erop dat de inzet van inputs meer aan verandering onderhevig is dan de trendmatige ontwikkeling van de output. De Hoogh (1986) wijst erop dat veel opbrengstverhogende vernieuwingen ook bij lage prijzen aantrekkelijk blijven. Zolang een ondernemer graan blijft verbouwen, zal hij proberen om dat tegen zo laag mogelijke kosten te doen. Ervan uitgaande dat er in de toekomst op een groot deel van het huidige landbouwareaal granen zullen worden verbouwd, blijft het aantrekkelijk (onder andere voor de toeleverende industrie) om nieuwe technische mogelijkheden te ontwikkelen en aan te bieden. De Hoogh sluit zelfs niet uit dat prijsverlaging leidt tot een versnelde introductie van nieuwe technieken, omdat ondernemers alles in het werk zullen stellen om het hoofd boven water te houden. Bovendien zal overname van bedrijven die worden opgeheven door blijvende bedrijven, leiden tot een versnelling van de produktiviteitsontwikkeling, omdat de overnemende bedrijven in het algemeen een hoger produktiviteitsniveau hebben.

Technische ontwikkeling vindt verspreid over de gehele wereld plaats. Lagere graanprijzen binnen Europa zouden kunnen leiden tot hogere graanprijzen op de wereldmarkt, waardoor er elders juist een positieve uitwerking op de technische ontwikkeling plaatsvindt.

Hutten & Rutten (1990) constateren dat wanneer de "selectieomgeving" waarin technische ontwikkeling plaatsvindt, ingrijpend verandert, en bestaande technologie-trajecten onvoldoende technische oplossingen genereren, er trendbreuken optreden in de technische ontwikkeling. Het lijkt er inderdaad op dat het technologie-traject van hoogproductieve rassen met een steeds hogere inzet van milieubelastende inputs ten einde loopt en dat nieuwe trajecten ontwikkeld moeten worden. De eerste resultaten van bedrijven met een vorm van geïntegreerde akkerbouw, wijzen er echter op dat daarbij weliswaar vrij sterke veranderingen optreden in het inputge-

bruik, maar dat de veranderingen in het niveau van de produktie per hectare vrij gering zijn.

Op korte termijn ligt een sterke afzwakking van de groei van de kilogramopbrengsten per hectare *als gevolg van de lagere graanprijzen* niet voor de hand. De prijsdalingen voor graan sinds het begin van de jaren tachtig hebben tot nu toe in Nederland nauwelijks een aantoonbaar effect gesorteerd in termen van een lagere groei in de produktie per hectare. De verminderde inzet van stikstof en pesticiden sinds het eind van de jaren tachtig lijkt de groei van de produktie per hectare ook maar weinig te temperen.



## 6. DISCUSSIE

### 6.1 Inleiding

Het onderwerp van deze studie is de invloed van zich wijzigende prijs-verhoudingen tussen landbouwprodukten en milieubelastende inputs, op de inzet van die inputs en de daarbij behorende produktie en milieubelasting. Daarbij heeft de studie zich beperkt tot de produktie van graan en gras. Voordat in hoofdstuk 7 de conclusies op een rij worden gezet, wordt in dit hoofdstuk eerst een aantal kanttekeningen geplaatst bij de gevolgde aanpak.

### 6.2 Graan

#### 6.2.1 Geen bouwplanwijzigingen

De analyse voor graan spitst zich toe op de daling van de graanprijs. Een boer heeft verschillende mogelijkheden om daarop te reageren. In de eerste plaats kan hij besluiten om de oppervlakte die tot nu toe met graan beteeld werd, braak te laten liggen. In de tweede plaats kan hij besluiten om een andere graansoort te gaan telen. In de derde plaats kan hij meer drastisch in z'n bouwplan ingrijpen door andere gewassen te gaan telen. In de vierde plaats kan hij besluiten om z'n bouwplan in het geheel niet te wijzigen, maar wel minder inputs te gebruiken. In de vijfde plaats kan hij overschakelen naar andere bedrijfssystemen, waarin niet alleen minder variabele inputs worden gebruikt, maar waarin ook wijzigingen worden aangebracht in de inzet van de overige produktiefactoren (werktuigen, arbeid, kennis).

In dit onderzoek ligt de nadruk op mogelijkheid vier, zij het dat ook mogelijkheid vijf (geïntegreerde akkerbouw) aan de orde is gekomen. De vraag doet zich voor in hoeverre het buiten beschouwing laten van bouwplanverschuivingen de waarde van de resultaten van deze studie beperkt. Er is een aantal redenen te noemen waarom het niet zo voor de hand ligt dat er op grote schaal wijzigingen in het bouwplan zullen optreden. Vanwege vruchtwisselingseisen blijft het noodzakelijk om een bepaald deel van het areaal aan te wenden voor de graanteelt. In het verleden werd meer dan 500.000 ha graan geteeld in Nederland. De laatste vijftien jaar blijft het areaal schommelen rond 200.000 ha, ongeveer een derde deel van het areaal bouwland (exclusief mais). Een verdere teruggang in het areaal graan zou mogelijk zijn indien akkerbouwers en veehouders meer grond zouden ruilen, waardoor een groter areaal gras gaat meedoen in de vruchtwisse-

ling. De mogelijkheden daartoe zijn niet overal aanwezig vanwege de bodemkwaliteit en de afstanden tussen de gebieden waar veel grasland voorkomt en de typische akkerbouwgebieden.

Grote verschuivingen in het bouwplan zijn ook niet mogelijk vanwege beperkte afzetmogelijkheden van produkten als suikerbieten en aardappelen.

Een verschuiving binnen de granengroep van tarwe naar andere granen ligt niet echt voor de hand. Ook bij lagere graanprijzen blijft het aantrekkelijk om de hogere inputkosten voor de teelt van wintertarwe te maken, omdat de extra kilogramopbrengsten die extra kosten goed maken. De teelt van gerst komt daarbij dan nog het eerst in beeld. Braaklegging - meer dan dat wat verplicht is - komt in beeld indien het saldo van graan lager wordt dan de braaklegpremie. Bij de huidige vergoeding van f 850,- voor de kleigebieden en ruim f 600,- voor de overige gebieden, zullen maar weinig akkerbouwers geneigd zijn om vrijwillig extra braak te leggen.

#### 6.2.2 Nadruk op wijzigingen in de inzet van variabele inputs

Bij gebrek aan mogelijkheden om het bouwplan drastisch te wijzigen (zie paragraaf 6.2.2), en bij gegeven prijzen, gaat het er dan om om bij een gegeven bouwplan een zo hoog mogelijk saldo te halen. Dat betekent dat gekozen wordt voor een specifieke inzet van inputs. Dat betreft vaste inputs (arbeid, werktuigen) en variabele inputs (zaaizaad, pesticiden, kunstmest). De laatstgenoemde inputs hebben een vrij directe invloed op het fysieke opbrengstniveau. Er is weliswaar de mogelijkheid tot substitutie tussen variabele en vaste inputs (bijvoorbeeld minder pesticiden, meer arbeid en werktuigen), maar de ervaringen tot nu toe met de geïntegreerde akkerbouw duiden erop dat de bijbehorende opbrengstvermindering groter is dan het verschil tussen de uitgespaarde variabele kosten en de extra vaste kosten. En dat bovendien geïnvesteerd moet worden in kennis van alternatieve systemen.

Wel is het natuurlijk zo dat bij een omschakeling van een bedrijfsvoering waarin sterk de nadruk ligt op een hoge inzet van variabele inputs naar een geïntegreerde bedrijfsvoering waarin de inzet van variabele inputs sterk beperkt wordt - al dan niet gedwongen door milieumaatregelen -, een vergrote inzet van kennis, arbeid, werktuigen, en dergelijke wel degelijk rendabel is en een deel van de opbrengstreducties kan compenseren. Maar een dergelijke omschakeling zal niet *in gang gezet worden* door lagere graanprijzen. De prikkel om een gewijzigde verhouding in de inzet van de verschillende produktiefactoren te realiseren zal moeten komen vanuit het milieubeleid, of dat nu gebeurt door het duurder maken van pesticiden en meststoffen, door het invoeren van heffingen op stikstofoverschotten, of door bewustmaking van de producenten van de milieu-effecten van de landbouw.

Een lagere graanprijs maakt het overigens wel gemakkelijker om de omslag naar een produktiewijze met minder milieubelastende inputs te maken, omdat de extra financiële opbrengst van de inzet van een extra

gulden aan variabele inputs terugloopt, waardoor ook de extra kosten als gevolg van milieumaatregelen verminderen. Daar staat echter tegenover dat door de lagere graanprijzen die in het kader van de hervorming van het EU-landbouwbeleid zijn afgesproken, de inkomenspositie van akkerbouwers er niet-rooskleuriger op is geworden. Dat maakt het doorvoeren van stringente milieumaatregelen er niet-gemakkelijker op. Want weliswaar is het extra effect van de milieumaatregelen dan niet zo groot meer, maar het totale effect van landbouw- en milieubeleid is dat dan wel. Overigens moet daarbij worden opgemerkt dat het niveau van de inkomenscompensaties in de vorm van hectaretoeslagen en braakleggingspremies in de afgelopen jaren ervoor gezorgd heeft dat veel bedrijven er niet of nauwelijks op achteruit gingen in inkomen. Worden de compensaties gezien als tijdelijke overgangsmaatregelen die in de loop van de tijd verminderd moeten worden, dan zijn de inkomensgevolgen aanzienlijk.

Een ander punt dat samenhangt met de effecten van het landbouwbeleid is dat een verminderde marginale opbrengst van de inzet van inputs kan leiden tot bedrijfsvergroting. Indien het inkomen per hectare terugloopt, zal het aantal hectares per bedrijf noodgedwongen moeten toenemen. Het ligt wel voor de hand dat de grond op deze grotere bedrijven iets minder intensief bewerkt zal worden. Een extra stikstofgift zal sneller achterwege blijven om te besparen op arbeidsinzet. Aan de andere kant zal een dergelijke vorm van extensivering (minder variabele inputs, maar ook minder vaste inputs) er misschien toe leiden dat er een minder precieze afstemming van de inputbehoefte op de output plaatsvindt, waardoor extra milieuverliezen ontstaan.

### 6.2.3 Milieu-effecten

In dit onderzoek gaat het niet alleen om de effecten van gewijzigde prijsverhoudingen op de inzet van variabele inputs, maar ook om het verband tussen de inzet van variabele inputs en de verliezen naar het milieu. Bij pesticiden laat een verminderd verbruik zich vrij rechtstreeks doorvertalen naar een verminderde milieubelasting. Bij stikstof ligt dat iets ingewikkelder. Een groot deel van de stikstofgift wordt door de plant opgenomen. Tarwe is een gewas dat relatief efficiënt met stikstof omgaat. De opname van stikstof door het gewas (in stro en in de korrels) ligt bij een stikstofgift van ongeveer 200 kg N hooguit enkele tientallen kg N lager dan de gift. Dat betekent echter niet dat er geen verliezen zijn. Door depositie en mineralisatie komt jaarlijks een forse hoeveelheid stikstof extra beschikbaar voor de plant. Daardoor is het stikstofoverschot toch geen te verwaarlozen hoeveelheid. Het totale overschot hoeft echter niet volledig als emissie naar het milieu geboekt te worden indien een groenbemestingsgewas wordt verbouwd in de periode na de oogst. Bovendien wordt een deel van het overschot door denitrificatie omgezet in  $N_2$  dat geen milieuschade veroorzaakt.

Door een lagere stikstofgift als gevolg van veranderende prijsverhoudingen kan een groter deel van de stikstof die beschikbaar komt, door de plant worden benut en daalt het stikstofoverschot. Deze daling gaat echter

minder snel dan die van de stikstofgift, omdat een lagere gift ook leidt tot een verminderde gewasopname.

Indien er in het kader van het milieubeleid heffingen op stikstof uit kunstmest zouden worden gerealiseerd, dan kan dat weliswaar leiden tot een verminderde inzet van stikstofkunstmest, maar indien dit gecompenseerd zou worden door een vergroting van het aandeel dierlijke mest in de totale bemesting leidt de heffing op kunstmest uiteindelijk tot grotere stikstofverliezen. Een heffing op het stikstofoverschot per hectare heeft dat bezwaar niet.

#### 6.2.4 De rol van graan in het bouwplan

Een beperking van het onderzoek is dat niet het gehele bouwplan van de akkerbouw in beschouwing is genomen, maar graan als afzonderlijk gewas is bekeken. Zowel voor het bepalen van het verband tussen de inzet van variabele inputs en de gewasopbrengst als voor het bepalen van de milieubelasting die hoort bij de productie van winter tarwe, speelt het probleem van de toerekening van inputs en milieubelasting aan specifieke gewassen. Voor winter tarwe wordt er in de regel geen dierlijke mest toegepast, maar de bemesting die voor specifieke gewassen toegepast wordt in de bouwplan-cyclus, heeft wel degelijk invloed op de gewasopbrengsten en de milieuverliezen van alle gewassen. Ook bij pesticiden is er een interactie tussen gewassen. Indien er alleen graan verbouwd wordt zal er een andere inzet van pesticiden zijn dan indien graan afgewisseld wordt met andere gewassen. Het gebruik van grondontsmettingsmiddelen bij de aardappelteelt is afhankelijk van de intensiteit van het bouwplan.

Bij het schatten van productiefuncties voor graan (hoofdstuk 3) is geprobeerd het effect van het bouwplan of van het gebruik van dierlijke mest mee te nemen in de schattingen. Het bleek dat de genoemde effecten niet aantoonbaar waren.

#### 6.2.5 Kwaliteit

Een belangrijk aspect voor de toekomst is de kwaliteit van het produkt. In dit onderzoek is gewerkt met vaste prijzen per kg. De prijs van graan is echter mede afhankelijk van de kwaliteit. Dat moet in de brede zin van het woord worden opgevat. Kwaliteit heeft te maken met de eigenschappen van het produkt (bijvoorbeeld het eiwitgehalte, aanwezigheid residuen), maar in toenemende mate ook met de produktiewijze (aard en omvang van verliezen naar het milieu). Indien voor milieuvriendelijk geteelde produkten een hogere prijs betaald wordt dan voor gangbare produkten, kan de lagere hectare-opbrengst gecompenseerd worden door een hogere prijs per kg. Een omschakeling naar geïntegreerde akkerbouw zal waarschijnlijk eerder gestimuleerd worden door een dergelijk marktperspectief dan door lage prijzen op zich.

Daar is echter een belangrijke kanttekening bij te plaatsen. Wordt niet alleen gekeken naar het kwaliteitsaspect van de produktiewijze, maar ook

naar de kwaliteit in termen van produkteigenschappen, dan is het nog maar de vraag of het lonend is om minder inputs te gebruiken bij (relatief) lage graanprijzen. De prijs van graan hangt namelijk af van het eiwitgehalte. Zeddies et al. (1994) laten zien dat de inzet van stikstof en pesticiden bij de productie van kwaliteitstarwe nauwelijks zal verminderen bij de graanprijsdaling die nu in het kader van de hervorming van het EU-landbouwbeleid wordt doorgevoerd. Dat komt doordat het inputniveau zowel de prijs per kg als de opbrengst per hectare beïnvloedt. Voor de niet-kwaliteitstarwe komt het optimale inputniveau volgens Zeddies et al. (1994) wel beduidend lager te liggen.

Van de totale graanproductie in de EU is circa 40 miljoen ton (ongeveer 25%) kwaliteitsgraan. Voor Nederland ligt het aandeel kwaliteitsgraan nog lager. Bovendien geldt voor bijvoorbeeld brouwergerst dat kwaliteit juist betekent dat het eiwitgehalte van het graan *beneden* een bepaald maximum moet blijven, waardoor de conclusies over een verminderd stikstofgebruik bij lagere graanprijzen hier wel eens in versterkte mate zouden kunnen gelden.

#### 6.2.6 Kwantificering variabele inputs

Om het technische verband tussen inputs en output te kunnen bepalen moeten de variabele inputs en de output uitgedrukt worden in meet-eenheden. In de vorige subparagraaf is er al op gewezen dat de output alleen in termen van kg per hectare is uitgedrukt en dat het kwaliteitsaspect niet is meegenomen. Voor de inputs geldt dat de inzet van (kunst-mest)stikstof is gemeten in termen van kg N per hectare. Met de (ver)deling van stikstof over het groeiseizoen is geen rekening gehouden.

De inzet van pesticiden is gemeten in termen van gulden per hectare. Schattingen waarbij gewerkt werd met hoeveelheden actieve stof leverden minder goede resultaten op. Dat ligt ook voor de hand, omdat het geldbedrag waarschijnlijk meer zegt over de effectiviteit van een middel dan de hoeveelheid actieve stof. Maar dan nog blijft deze wijze van meten haar beperkingen houden, omdat het gaat om een grote groep zeer uiteenlopende middelen.

Het leggen van een verband tussen de inzet van een bepaalde hoeveelheid pesticiden en een gewasopbrengstniveau blijft overigens een moeilijke zaak. Specifiek lokale omstandigheden die te maken hebben met weersomstandigheden, ziekteverspreiding, en dergelijke zorgen ervoor dat het ene bedrijf meer pesticiden nodig heeft voor het realiseren van een bepaald produktieniveau dan het andere bedrijf. Het zou daarom kunnen zijn dat bedrijven die veel pesticiden gebruiken een *lagere* opbrengst per hectare realiseren dan bedrijven die relatief weinig pesticiden gebruiken, omdat het pesticidengebruik een indicatie kan zijn van de mate waarin de productie-omstandigheden ideaal zijn. De schattingsresultaten uit hoofdstuk 3 laten dit negatieve verband echter niet zien. Er is - net als bij stikstof - sprake van een positief kwadratisch verband tussen de inzet van pesticiden en de gewasopbrengst.

## 6.3 Gras

### 6.3.1 Verschillen tussen model en praktijk

Bij graan zijn hiervoor enkele kanttekeningen geplaatst bij de geïsoleerde benadering van het gewas, los van het bouwplan. In de melkveehouderij ligt de zaak weliswaar iets eenvoudiger doordat alleen de gewassen gras en mais in beschouwing genomen hoeven te worden, maar hier speelt de interactie tussen de plantaardige en de dierlijke produktie. Er zijn dan ook produktiefuncties voor het verband tussen stikstofgift en gewasproduktie en voor het verband tussen voergift en melkproduktie geschat. Vervolgens is de inzet van de inputs stikstof, krachtvoer en ruwvoer op bedrijfsniveau geoptimaliseerd.

Bij toepassing van de optimaliseringsbenadering bleek dat het berekende optimale inputniveau voor 1988 nogal afweek van de werkelijke inzet. Echter, gegeven de substitutiemogelijkheden tussen de inputs was dat niet geheel vreemd, omdat het gerealiseerde *saldo* bij de werkelijke inzet niet veel afweek van de optimale inzet. Dat duidt erop dat melkveehouders bij benadering saldomaximaliserend zijn.

De ruime substitutiemogelijkheden betekenen aan de ene kant dat er forse veranderingen in de inzet van een specifieke input mogelijk zijn zonder al te grote economische gevolgen, maar aan de andere kant betekent het ook dat voor het terugdringen van de milieubelasting meerdere inputs tegelijk aangepakt moeten worden om geen verschuiving van de aanvoer van stikstof via kunstmest naar aanvoer via het voer te krijgen.

### 6.3.2 Bedrijfsspecifieke produktiefuncties

De berekeningen zijn niet voor een representatief bedrijf uitgevoerd, maar voor alle steekproefbedrijven uit het LEI-Boekhoudnet afzonderlijk. Gegeven de bedrijfssituatie en de externe omgeving van het bedrijf wordt een optimale bedrijfsvoering berekend. Daarbij worden de technische effecten van maatregelen met behulp van zogenaamde bedrijfsspecifieke produktiefuncties berekend. De ligging van deze functies varieert met het management van de ondernemer.

Elk bedrijf reageert dus anders op specifieke maatregelen. Echter, dat verschil zit in het model niet in verschillende doelstellingen, maar in verschillen in produktiefuncties.

Voor het bepalen van de bedrijfsspecifieke functies (bijvoorbeeld voor het verband tussen stikstofgift en graslandproduktie) wordt eerst het management van de ondernemer op een specifiek bedrijfs onderdeel ingeschat door het bedrijf te vergelijken met andere bedrijven. Door een basisproduktiefunctie - die geldt "gemiddeld over alle bedrijven" - op basis van deze managementinformatie te corrigeren, ontstaat een bedrijfsspecifieke produktiefunctie.

De basisproduktiefunctie is een gemiddelde van de produktiefuncties over de jaren 1985-1989. Tussen de jaren zijn er verschillen in de ligging van

de produktiefuncties (zie bijlage 5). Daar is nu geen rekening mee gehouden.

### 6.3.3 Uitgangspunten situatie in 2000

De berekeningen voor de melkveehouderij zijn uitgevoerd voor het jaar 2000, uitgaande van een bepaalde produktiviteitsontwikkeling tot 2000, de aanwezigheid van ammoniak-emissie-arme technieken en de aanwezigheid van P-bemestingsnormen voor 2000. In het licht van de vraagstelling van het onderzoek is het ook interessant om te zien wat de invloed is van maatregelen die verband houden met het EU-landbouwbeleid indien er geen (aanvullende) milieumaatregelen genomen zouden worden. Het is echter moeilijk om het reeds bestaande milieubeleid weg te denken, terwijl het voor bepaalde milieu-aspecten ook ondenkbaar is dat ze via veranderende prijsverhoudingen aan te pakken zouden zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor de ammoniak-emissie. Daarom zijn hiervoor aannames gedaan voor de maatregelen die in 2000 genomen zullen worden.

De gekozen P-normering (110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> op grasland, 75 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> op maisland) blijkt de resultaten wel enigszins te beïnvloeden, maar dat heeft zich in de modelresultaten vooral vertaald in het wegvallen van de P-kunstmestbemesting. In het basisscenario voor 2000 wordt gemiddeld ongeveer 10 kg P per hectare van het bedrijf afgevoerd als gevolg van de P-bemestingsnormen. Voor veel melkveebedrijven blijken de normen niet restrictief te werken. Daardoor is het mogelijk om toch conclusies trekken over de invloed van het EU-landbouwbeleid op de inzet van variabele inputs en de bijbehorende milieubelasting. Gezien het bovenstaande geldt dat echter meer voor stikstof dan voor fosfaat.

### 6.3.4 Effecten op nationaal niveau

Bij de berekening van milieu-effecten is steeds gekeken naar de effecten op bedrijfsniveau. Vanuit nationaal gezichtspunt gezien is daarmee niet het gehele verhaal verteld. Als een bedrijf ruwvoer vervangt door krachtvoer, of extra ruwvoer aankoopt en minder ruwvoer op het eigen bedrijf produceert, kan het daarmee het stikstofoverschot op het eigen bedrijf verminderen. Echter, de productie van het extra krachtvoer en het extra ruwvoer gaat ook gepaard met de inzet van inputs op andere bedrijven. Afhankelijk van de wijze waarop dat extra voer geproduceerd wordt, wordt ook de nationale mineralenbalans beïnvloed. Indien extra krachtvoer uit het buitenland wordt ingevoerd, zijn de effecten op nationaal niveau veel geringer dan de effecten op bedrijfsniveau. Indien het extra krachtvoer en ruwvoer verbouwd wordt op grond die nu voor andere doeleinden wordt aangewend, dan hangt het effect af van de gewassen die daarvoor plaats maken. Afhankelijk daarvan is er sprake van een toename of van een vermindering van het mineralenoverschot op nationaal niveau. Berekeningen hiervoor zijn in het kader van dit onderzoek niet uitgevoerd.

Iets soortgelijks doet zich voor aan de afvoerkant van de nationale mineralenbalans. Een deel van de berekende vermindering van stikstof- en fosfaatoverschotten op bedrijfsniveau wordt veroorzaakt door een toename in de afzet van dierlijke mest naar andere bedrijven. Ook al zou deze afzet op andere bedrijven tot een vermindering van het kunstmestgebruik leiden, dan nog zal het stikstofoverschot op die bedrijven toenemen doordat dierlijke mest minder efficiënt wordt benut dan kunstmest. Alleen indien de afgezette mest leidt tot extra export van (andere soorten) mest, zijn er ook positieve effecten voor de nationale mineralenbalans.

## **6.4 De toegepaste methodiek**

Om na te gaan wat de effecten zijn van gewijzigde prijsverhoudingen op de inzet van variabele inputs, is gebruik gemaakt van een optimaliseringsmethode. Voor wintertarwe is gebruik gemaakt van een eenvoudige produktiefunctie die het verband aangeeft tussen enerzijds de inzet van stikstof en pesticiden en anderzijds de kilogramopbrengst van graan. Deze functie is gebruikt om te bepalen wat de optimale inzet van deze inputs is, gegeven de prijsverhoudingen. Voordeel van de gevolgde benadering is dat het mogelijk is om veranderingen in de techniek, in wettelijke maatregelen, en dergelijke direct te modelleren en dat informatie die niet direct bruikbaar is om er econometrische schattingen mee te verrichten (bijvoorbeeld over innovatiebedrijven) directer gekoppeld kan worden aan de overige informatie over het producentengedrag.

Een econometrische benadering trekt meer de lijnen uit het verleden door. Op basis van historische informatie worden reacties ingeschat. Dat heeft als voordeel dat veel meer rekening gehouden wordt met vertragingen in reacties, onzekerheid, en dergelijke. De optimaliseringsbenadering gaat ervan uit dat gewijzigde produktie-omstandigheden zich onmiddellijk en volledig vertalen in veranderingen in het produktieproces. Daarentegen is het moeilijk om met schattingen die betrekking hebben op een periode waarin prijzen maar licht veranderden, de effecten van forse wijzigingen in de prijsverhoudingen aan te geven.

Voor graan zijn naast de toepassing van de optimaliseringsbenadering ook econometrische schattingen op gewasniveau verricht voor het Zuidwestelijk kleigebied en het Noordelijk kleigebied. Deze schattingen leggen een direct verband tussen de inzet van stikstof en pesticiden en de prijsverhoudingen van output en input (bijlage 2). De daaruit resulterende prijselasticiteiten zijn voor stikstof fors hoger dan die welke volgen uit de optimaliseringsbenadering. Ook bleek de inzet van stikstof groter naarmate pesticiden duurder waren. In plaats van complementair te zijn, blijken de inputs - volgens de schattingen - substitueerbaar te zijn.

In de periode 1981-1990, waar de schattingen betrekking op hebben, was er echter sprake van slechts lichte prijsschommelingen. Tegelijkertijd was er sprake van een toenemende bewustwording van de schadelijke effecten van het (overmatig) gebruik van stikstof, met daaruit resulterend een



afname in het gebruik. Dat maakt het moeilijk om het effect van gewijzigde prijsverhoudingen goed te meten. Minder dan 20% van de variatie tussen bedrijven in de inzet van stikstof in de betreffende periode kon verklaard worden uit de prijsverhoudingen.

Voor pesticiden was het nog moeilijker om een goede relatie te schatten. De inzet van pesticiden blijkt voor het Zuidwestelijk kleigebied een negatief verband met de kunstmestprijs te hebben. Dat spoort niet met het positieve verband tussen de stikstofinput en de prijs van pesticiden.

Voor gras leidt de schatting van een direct verband tussen de inzet van stikstof en de prijs van stikstof tot moeilijk interpreteerbare resultaten (paragraaf 4.5). Er wordt weliswaar een positief verband gevonden tussen de stikstofgift en het melkquotum per hectare, maar tegelijkertijd een positief verband tussen de stikstofgift en de kunstmestprijs.

Hoewel de gevolgde benadering voor graan en gras geen econometrische schattingen in de strikte zin van het woord zijn - de te schatten vergelijkingen worden niet afgeleid uit een theoretisch-economisch model omtrent het producentengedrag - ligt het gezien de resultaten niet erg voor de hand om te veronderstellen dat beter gefundeerde schattingsvergelijkingen tot totaal andere resultaten zullen leiden.

Bovendien blijft het moeilijk om een goede relatie te leggen tussen de schattingsvergelijkingen en de milieubelasting, zeker als die relatie in de loop van de tijd verandert door specifieke technische ontwikkelingen en wettelijke maatregelen.

In de berekeningen is ervan uitgegaan dat ondernemers saldomaximaliserend zijn en dat input/output-relaties bekend zijn en vaststaan. Uit de gemaakte berekeningen bleek dat de modelresultaten in de jaren tachtig vrij goed spoorden met de praktijk. In het Zuidwestelijk kleigebied bleek de inzet van inputs bij de produktie van graan iets aan de hoge kant te zijn, maar in het Noordelijk kleigebied was er juist sprake van een geringere inzet dan de berekende optimale inzet. Van een "overmatige" inzet van inputs bleek geen sprake. In de veehouderij werd het berekende maximaal te behalen saldo in de praktijk vrijwel benaderd, zij het met een andere combinatie van inputs dan volgens de modelberekeningen.

Het is dan ook de vraag of extra voorlichting om vrijwillig te komen tot een lager inputniveau veel effect zal sorteren. Er lijkt sprake te zijn van een redelijk optimale inzet van inputs. Dat betekent dat ook minder gunstige prijsverhoudingen en of regulerende maatregelen nodig zijn om tot een lager inputniveau te komen.

In de uitgevoerde berekeningen is geen rekening gehouden met de rol die risico speelt bij het nemen van beslissingen. Als inputprijzen laag zijn en de effecten van een te grote inzet van middelen niet nadelig is, terwijl de effecten van een te geringe inzet van middelen groot kunnen zijn, ligt het voor de hand dat een relatief hoog inputniveau aangehouden zal worden.

Bij de inzet van pesticiden komt daar nog bij dat boeren niet onafhankelijk van elkaar kunnen opereren. Als een deel van de bedrijven het gebruik van pesticiden sterk terugdringt, en dat tot gevolg zou hebben dat de

kans op ziekten vergroot wordt, dan krijgen alle bedrijven daar mee te maken. Het verband dat geschat is tussen het produktieniveau van graan en de inzet van pesticiden geldt strikt genomen dan ook alleen maar voor een gebruikssituatie zoals die in de schattingsperiode zich voordeed. Daarom moeten de onderzoeksresultaten die betrekking hebben op de pesticideninzet met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd, zeker waar het gaat om relatief grote veranderingen in de inzet van middelen.

## 7. CONCLUSIES

### 7.1 Inleiding

In dit onderzoek is nagegaan wat de effecten zijn van wijzigingen in de prijsverhoudingen van output en variabele inputs bij de produktie van gras en graan. Voor deze gewassen zijn voor Nederland produktiefuncties geschat op basis van het LEI-Boekhoudnet. Op basis van deze produktiefuncties en uitgaande van saldomaximaliserende ondernemers in de landbouw zijn de economische en (milieu-)technische effecten van een lagere graanprijs, een daarmee samenhangende lagere krachtvoerprijs, een lager melkquotum en een hogere stikstofprijs berekend.

### 7.2 Graan (korte termijn)

Voor de wintertarweteelt in het Zuidwestelijk kleigebied is een kwadratisch verband tussen de inzet van stikstofkunstmest en pesticiden per hectare en de gewasopbrengst per hectare van wintertarwe geschat voor de periode 1981-1990. Het bleek daarbij niet goed mogelijk om naast de afzonderlijke effecten van stikstof en pesticiden op de graanopbrengst, ook de interactie tussen de inzet van stikstof en pesticiden mee te nemen in de geschatte vergelijking.

Gegeven de geschatte produktiefunctie bleek het niveau van de werkelijke inzet van beide inputs in de meeste jaren niet sterk af te wijken van de optimale inzet die op basis van de produktiefunctie berekend is. Dat is een ondersteuning voor de veronderstelling dat akkerbouwers een zodanige inzet van variabele inputs kiezen dat het saldo per hectare bij benadering maximaal is. Dat maakt toepassing van de optimaliseringsbenadering bij het bepalen van effecten van beleidsmaatregelen acceptabel.

Bij een verlaging van de graanprijs van  $f$  0,39 naar  $f$  0,27 per kg daalt de stikstofgift met 11%, de inzet van pesticiden met 38% en de produktie van wintertarwe met 6% per hectare. De kruislings elasticiteiten van de prijs van wintertarwe met betrekking tot de inzet van stikstof en pesticiden zijn respectievelijk 0,4 en 1,2. Bij een prijsverlaging van wintertarwe loopt het pesticidenverbruik dus sneller terug dan het stikstofverbruik.

De eigen prijselasticiteit van stikstof en wintertarwe is respectievelijk -0,3 en -0,2. De kruislings elasticiteit van de prijs van stikstof met betrekking tot de opbrengst per hectare is zeer laag (0,1).

De lage eigen en kruislings prijselasticiteiten komen overeen met resultaten uit andere studies, zowel voor andere landen als voor Nederland. De respons van graan op met name stikstof is zodanig sterk dat alleen forse

verlagingen van de graanprijs - tot beneden het niveau waarop het gewas rendabel kan worden geteeld - of forse verhogingen van de stikstofprijs (van honderd procent of meer) tot een aanzienlijke daling van de inzet van stikstof leiden.

Een daling in de opbrengsten per hectare van meer dan enkele procenten treedt pas op bij een vermindering van de stikstofgift met enkele tientallen procenten. Een dergelijke daling is via een daling van de graanprijs nauwelijks te realiseren, omdat de prijs dan lager zal moeten worden dan f 0,25 per kg, een niveau waarbij de verbouw van graan weinig aantrekkelijk meer zal zijn.

Een combinatie van een graanprijs van f 0,27 en een verdubbeling van de stikstofprijs leidt tot een 40% lagere inzet van stikstof en een 12% lagere graanopbrengst. Terwijl een lagere graanprijs op zich dus maar geringe effecten heeft op het gebruik van stikstof en nog minder op de gewasopbrengst, versterkt een lagere graanprijs echter wel het effect van een verhoging van de stikstofprijs.

Een soortgelijke analyse als voor het Zuidwestelijk kleigebied is uitgevoerd voor het Noordelijk kleigebied. De resultaten van die analyse ondersteunen de hiervoor vermelde conclusies.

### **7.3 Graan (lange termijn)**

Door technische ontwikkeling is de opbrengst per hectare wintertarwe in Nederland en in de meeste westerse landen in de loop van de tijd fors gestegen. Daarbij was er voor Nederland sprake van een versnelling in de groei tot een gemiddelde groei van ruim 100 kg per hectare per jaar in de afgelopen decennia. Omdat het absolute niveau steeds hoger komt te liggen, is de procentuele groei veel minder sterk toegenomen. Vanwege het in zicht komen van het absolute produktieplafond dat gegeven de bodemgesteldheid en de klimatologische omstandigheden realiseerbaar zal zijn, ligt een geleidelijke daling van de groei van de kilogramopbrengsten per hectare in de toekomst voor de hand, zeker in procentuele zin. In 1993 werd in veel delen van Nederland gemiddeld meer dan 9.000 kg wintertarwe van een hectare gehaald. Daarmee is ongeveer twee derde van het geschatte produktiepotentieel per hectare gerealiseerd.

De toename in de produktie per hectare is gepaard gegaan met een sterk toenemende inzet van stikstof en gewasbeschermingsmiddelen. Over de laatste vijftig jaar gezien is er bijvoorbeeld sprake van een vrijwel lineair verband tussen het opbrengstniveau van wintertarwe en de inzet van stikstof. Echter, in toenemende mate groeit de opbrengst zonder dat dit gepaard gaat met extra inputs. Toenemende efficiency in het gebruik en de toediening van inputs als gevolg van een toenemende bewustwording en beleidsvorming op het gebied van de milieuproblematiek spelen daarbij een rol, alsook het uitgeput raken van de mogelijkheden om via een technologie die gebruik maakt van steeds grotere hoeveelheden inputs, de sterke groei op gang te houden.

Op korte termijn ligt een sterke afzwakking van de groei van de kilogramopbrengsten per hectare *als gevolg van lagere graanprijzen* niet voor de hand. De prijsdalingen voor graan sinds het begin van de jaren tachtig hebben tot nu toe in Nederland nauwelijks een aantoonbaar effect gesorteerd in termen van een lagere groei in de produktie per hectare. De verminderde inzet van stikstof en pesticiden sinds het eind van de jaren tachtig lijkt de groei van de produktie per hectare in Nederland ook maar weinig te temperen. Er zijn ook geen sterke aanwijzingen dat er op EU-niveau wel sprake is van een afname in de jaarlijkse produktiestijging per hectare.

Op langere termijn zal de technische ontwikkeling zich meer gaan richten op gewasvariëteiten die relatief weinig inputs nodig hebben voor de produktie. Dat zal niet alleen gebeuren omdat bij lage graanprijzen een rendabele graanteelt slechts mogelijk is bij lage inputkosten, maar vooral ook omdat het milieubeleid verscherpt zal worden. Het is echter maar zeer de vraag of gewasvariëteiten die minder variabele inputs nodig hebben, ook zullen leiden tot een lagere opbrengst per hectare. Experimenten met geïntegreerde teelt wijzen uit dat er wel degelijk mogelijkheden zijn om door een wijziging in de inzet van produktiefactoren, te komen tot gewasopbrengsten per hectare die niet sterk afwijken van de opbrengsten in de gangbare teelt. De druk vanuit het milieubeleid kan er toe leiden dat een nieuw technologie-traject, waarin de nadruk meer ligt op kennis, management, informatisering, en biotechnologie, kansen krijgt.

Wordt gekeken naar de korte- en lange-termijneffecten samen, dan valt te verwachten dat de groei van de opbrengsten per hectare de komende jaren waarschijnlijk zodanig zal zijn dat het licht opbrengstreducerende effect van een lagere graanprijs in het niet valt bij de gestadige "trendmatige" groei in de opbrengst per hectare. Op de wat langere termijn zal een zekere afremming van de groei - als gevolg van de diverse hiervoor genoemde factoren - uiteraard de nodige consequenties hebben voor de te realiseren produktieniveaus. Dat effect zal waarschijnlijk groter zijn dan het eenmalige effect van gewijzigde prijsverhoudingen.

De geringe invloed van een verlaging van de graanprijs op de opbrengst per hectare - en de veel grotere invloed op de inzet van variabele inputs - wordt in de literatuur ook geconstateerd voor verschillende EU-landen. In de meeste Europese landen is er echter sprake van een grotere kloof tussen de huidige produktie en de potentiële produktie dan in Nederland. Daardoor geldt voor die landen dat een geringe vermindering in outputniveaus waarschijnlijk nog sneller door de technische ontwikkeling achterhaald zal zijn dan in Nederland.

## **7.4 Gras (korte termijn)**

Voor melkveehouderijbedrijven zijn op basis van het LEI-Boekhoudnet in de periode 1985-1989 bedrijfsspecifieke produktiefuncties geschat voor het verband tussen stikstofinput en grasproduktie en voor het verband tussen ruw- en krachtvoerinput en melkproduktie. Evenals bij graan blijkt het

optimale saldo op basis van de prijzen en de geschatte produktiefunctie niet veel af te wijken van het in werkelijkheid behaalde saldo. Echter, de inzet van verschillende inputs wijkt wel sterk af van de berekende optimale inzet. De krachtvoergift blijkt veel hoger te liggen dan de optimale gift en de ruwvoergift veel lager. Dat desondanks een vrijwel optimaal saldo wordt behaald, geeft aan dat er vrij ruime substitutiemogelijkheden tussen ruwvoer en krachtvoer zijn, of in termen van aangekochte inputs, tussen stikstof en krachtvoer. Dat betekent aan de ene kant dat er bij prijsverhoging van een bepaalde input geen sterke inkomensdaling hoeft op te treden door omschakeling op andere inputs, maar anderzijds betekent het ook dat milieubeleidsmaatregelen die aangrijpen op slechts één input (bijvoorbeeld verhoging van de stikstofprijs), nadelige milieutechnische effecten kunnen hebben door substitutie tussen inputs.

De effecten van lagere krachtvoerprijzen, hogere stikstofprijzen en een lager melkquotum zijn berekend voor de situatie in 2000. Daarbij is uitgegaan van een bepaalde produktiviteitstoename van de dierlijke en plantaardige productie, van ammoniak-emissie-arme mestaanwending, -opslag en stallen, en van fosfaat-"evenwichts"-bemestingsnormen van 110 kg P2O5 op grasland en 75 kg P2O5 op maisland.

Het N-overschot per hectare, dat in 1988 nog ongeveer 450 kg N bedroeg, zal door de technische ontwikkeling met ongeveer 25 kg N dalen, door ammoniak-emissie-arme technieken met 45 kg N, en door de P-normering met 35 kg N. Daardoor zal het N-overschot al dalen tot ongeveer 350 kg N in het jaar 2000.

Nagegaan is wat de extra effecten zijn van de hiervoor genoemde maatregelen. Een verlaging van de krachtvoerprijs van  $f$  0,35 naar  $f$  0,25 per KVEM resulteert in een extra verlaging van het N-overschot op bedrijfsniveau van 14 kg N per hectare. Er wordt dan meer krachtvoer aangekocht en minder ruwvoer en stikstof. Bij een verdubbeling van de stikstofprijs kan het N-overschot op bedrijfsniveau met ongeveer 50 kg N per hectare dalen en bij een quotumverlaging met 10% daalt het N-overschot per hectare met 25 kg N. Bij de gegeven uitgangspunten heeft een daling van de krachtvoerprijs dus geen sterk effect op het N-overschot in 2000. Bij een hogere stikstofprijs neemt het effect van een verlaging van de krachtvoerprijs echter behoorlijk toe. Bij een verdubbeling van de stikstofprijs en een verlaging van de krachtvoerprijs met  $f$  0,10 zal het N-overschot per hectare met 90 kg dalen.

Uitdrukkelijk moet daarbij vermeld worden dat hier alleen de effecten op de melkveebedrijven zijn meegenomen. De extra aanvoer van krachtvoer leidt uiteraard tot stikstofverliezen op plaatsen waar het krachtvoer geproduceerd wordt (bijvoorbeeld op akkerbouwbedrijven of in het buitenland).

De hoogte van de prijselasticiteiten hangt sterk af van de situatie waar de elasticiteit betrekking op heeft. Bij de huidige stikstof- en krachtvoerprijzen zijn de eigen prijselasticiteiten van stikstof en krachtvoer ongeveer -0,2, en de kruiselings elasticiteiten van de inputs 0,1 à 0,2, maar bij toenemende stikstofprijzen heeft een daling van de krachtvoerprijs een veel sterker effect op de inzet van stikstof.

De effecten van de maatregelen op het fosfor overschot per hectare zijn door de gevolgde rekenwijze minimaal. Door de veronderstelde technische ontwikkeling en door de P-normering die als uitgangspunt is genomen, is het P-overschot in alle varianten ongeveer even groot, namelijk ongeveer 10 kg P per hectare, tegenover 37 kg P (= 85 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in 1988. Het verschil tussen 1988 en 2000 wordt voor een deel veroorzaakt door een lagere aankoop van krachtvoer en ruwvoer als gevolg van een toenemende produktiviteit van dier en plant bij een gelijkblijvend melkquotum. Daarnaast leidt de veronderstelde P-normering tot het verdwijnen van P-bemesting uit kunstmest en tot een vergroting van de afvoer van het bedrijf van 5 kg P/ha in 1988 tot 10 kg P/ha in 2000. Doordat in de berekeningen is uitgegaan van een bepaalde P-normering is niet precies te bepalen wat het effect van de doorgerekende maatregelen zou zijn indien er geen P-bemestingsnormen zouden zijn. Een groot deel van de bedrijven met koeien ondervindt echter geen belemmeringen van de gehanteerde normen vanwege een relatief geringe veedichtheid. Het blijkt dan ook dat een vermindering van het melkquotum met 10% tot een verdere reductie van het P-overschot leidt (tot 7 kg P per hectare). Het hoogste P-overschot in 2000 ontstaat bij lage krachtvoer prijzen (f 0,25 per kg) en verdubbelde stikstofprijzen. Het overschot per hectare is dan gemiddeld 12 kg. P. Deze berekende overschotten zouden iets hoger zijn geweest bij afwezigheid van P-normen.

Indien de P-normen scherper zullen zijn dan in deze studie verondersteld is, zal de substitutie tussen ruwvoer en krachtvoer meer ten nadele van het krachtvoer uitpakken, omdat extra krachtvoer het P-overschot vergroot.

De verschillende maatregelen onderscheiden zich niet sterk ten aanzien van de effecten op het (indirecte) energieverbruik dat verbonden is met de produktie en het transport van kunstmest en krachtvoer. Bij verschillende combinaties van hoeveelheden krachtvoer en kunstmest per hectare resulteert steeds een energieverbruik van 33 à 34 duizend MJ per hectare in 2000. Alleen bij een quotumdaling van 10% daalt het betreffende indirecte energieverbruik tot 29 duizend MJ per hectare. In 1988 ging het nog om 41 duizend MJ per hectare.

De methaanproduktie zal tot 2000 behoorlijk kunnen afnemen door een verminderd aantal melkkoeien bij een gelijkblijvend melkquotum en een hogere krachtvoer/ruwvoer-verhouding als gevolg van lagere krachtvoer prijzen, eventueel ondersteund door hogere stikstofprijzen.

## **7.5 Besluit**

Instrumenten die in het kader van het gemeenschappelijk EU-landbouwbeleid worden toegepast, hebben via een veranderde inzet van inputs effect op de belasting van het milieu.

Voor graan blijkt uit deze studie dat de prijsverlaging die momenteel wordt doorgevoerd een groter effect lijkt te hebben op de milieubelasting dan op de produktie-omvang. Het gewijzigde EU-beleid heeft een verminderde produktie en een vergrote afzet als eerste doel. Als blijkt dat de effec-

ten op de produktieomvang relatief beperkt zijn, kan de vraag gesteld worden of het doorgevoerde beleid een extra rechtvaardiging kan krijgen vanwege de te realiseren milieu-effecten. Het is echter de vraag of een graanprijsverlaging dan het meest geschikte instrument is om de milieubelasting te verminderen. Een heffing op stikstof, of nog beter op het stikstofoverschot, kan hetzelfde effect teweegbrengen tegen veel geringere kosten voor de landbouwer. Wel kan geconcludeerd worden dat maatregelen die in het kader van milieubeleid gevoerd worden, sneller tot resultaat leiden bij lagere graanprijzen. Omgekeerd kan gesteld worden dat het terugdringen van de graanproduktie via heffingen op stikstof - die al dan niet weer teruggesluisd worden naar de sector - veel geringere inkomenseffecten met zich meebrengt dan een graanprijsverlaging. Een heffing op stikstof of op een stikstofoverschot treft echter ook andere gewassen en is niet zo eenvoudig te realiseren. Bovendien is handhaving van een hoge graanprijs niet acceptabel in verband met internationale afspraken die gemaakt zijn in het kader van GATT-akkoord.

Voor gras blijkt het effect van een lagere krachtvoerprijs op de N- en P-verliezen naar het milieu maar gering te zijn. De melkquotering daarentegen zorgt er wel voor dat de N- en P-overschotten per hectare voortdurend dalen in de toekomst. Net als bij graan geldt dat het landbouwbeleid de instrumenten van milieubeleid effectiever maakt. Een stikstofheffing heeft bij lage krachtvoerprijzen een veel groter effect dan bij hoge.



# LITERATUUR

Amstel, A.R. van, R.J. Swart, M.S. Krol, J.P. Beck, A.F. Bouwman en K.W. van der Hoek (1993)

*Methane; the other greenhouse gas*; Bilthoven, RIVM; Report no. 481507001

Bauer, S. (1989)

*Historical review, experiences and perspectives in sector modelling*; In: Bauer, S. & W. Henrichsmeyer (eds); Kiel, Vaug; Agricultural Sector Modelling

Becker, H. & H. Guyomard (1992)

*Wirkungen von Preissenkungen und Düngemittelabgaben auf landwirtschaftliche Faktoreinkommen und Nährstoffbilanzen in der Europäischen Gemeinschaft*; Agrarwirtschaft 41(10): 290-298

Berck P. & G. Helfand (1990)

*Reconciling the von Liebig and Differentiable Crop Production Functions*; American Journal of Agricultural Economics 72: 985-996

Besseling, P. et al. (1988)

*Productiebeperving in de akkerbouw door middel van extensiveren*; Wageningen

Blom, J.C. en M.W. Hoogeveen (1993)

*Het CCM-model*; Een model voor de EG-graan- en mengvoedergrondstoffenmarkt; Den Haag, LEI-DLO; conceptrapport

Boers, A., J. Dijk, J.P.M. van Dijk, K.J. Poppe en J.P.P.J. Welten (1994)

*Verslag bedrijfskeuze 1993 en selectieplan 1994*; Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut (LEI-DLO); Periodieke Rapportage 4-93

Bondt, N., J. van Geffen, G. Kalkman en L. Westerlaken (1989)

*Kwantitatieve informatie voor de veehouderij 1989-1990*; Ede, IKC-Veehouderij; Publikatie no. 6

Bonnieux, F. (1989)

*Estimating regional-level input demand for French agriculture using a translog production function*; European Review of Agricultural Economics 16): 229-241

- Bos, A. et al. (1992)  
*Analyse van de economische resultaten*; In: Themadag Bedrijfsystemen voor een akkerbouw met toekomst; Lelystad, PAGV, 16 december; themaboekje no. 14
- Bouma, E. en A. Krikke (1992)  
*Gerst aantrekkelijker; Extensivering na Mac Sharry*; In: Oogst, 4 september, p. 46-47
- Brand, R.A. en A.G. Melman (1993)  
*Energie-inhoudsnormen voor de veehouderij*; Apeldoorn, TNO
- Burg, P.F.J. van, W.H. Prins, D.J. den Boer & W.J. Sluiman (1981)  
*Nitrogen and intensification of livestock farming in E.E.C. countries*; London, The fertiliser society; Proceedings no. 199
- Burrell, A. (1989)  
*The demand for fertiliser in the United Kingdom*; Journal of Agricultural Economics 40(1): 1-20
- Commissie voor de samenstelling van de Rassenlijst voor Landbouwgewassen  
*Beschrijvende Rassenlijst voor Landbouwgewassen*; Wageningen, CPO; meerdere jaargangen
- Daatselaar, C.H.G., D.W. de Hoop, H. Prins en B.W. Zaalmink (1990)  
*Bedrijfsvergelijkend onderzoek naar de benutting van mineralen op melkveebedrijven*; Den Haag, LEI-DLO; Onderzoekverslag 61
- Dillon, J.L. & J.R. Anderson (1990)  
*The analysis of response in crop and livestock production*; Oxford, Pergamon Press
- Doluschitz, R. (1992)  
*Potentialabschätzung in der Pflanzenproduktion und dessen Ausschöpfung bei starker ökonomisch oder ökologisch ausgerichteter Agrarpolitik*; In: Agrarwirtschaft (41): 187-197
- Dosi, G. et al. (1988)  
*Technical change and economic theory*; London, Pinter Publishers
- Dubgaard, A. (1991)  
*Pesticide regulation in Denmark*; In: N. Hanley (ed.) *Farming and the countryside: an analysis of external costs and benefits*; Wallingford, CAB International

- Duvick, D.N. (1984)  
*Progress in conventional plant breeding*; Cultivar p. 17-20
- Elhorst, J.P. (1986)  
*Een schatting van de produktiefunctie en de winstfunctie voor de landbouw in Nederland*; Den Haag, LEI; Onderzoekverslag 25
- Elhorst, J.P. (1990)  
De inkomensvorming en de inkomensverdeling in de Nederlandse landbouw verklaard vanuit de huishoudproduktietheorie; Den Haag, LEI-DLO; Onderzoekverslag 72
- Elhorst, J.P. & H.G. van der Meer (red.) (1993)  
*Verkennde studie over input/output-relaties*; Den Haag, NRLO; rapport no. 93/9
- England, R. (1986)  
*Reducing the nitrogen input on arable farms*; In: Journal of Agricultural Economics 37(1): 13-24
- Frank, M.D. et al. (1990)  
*A Comparison of alternative crop response models*; American Journal of Agricultural Economics p. 597-603
- Fuchs, C. & B. Schanzenbächer (1992)  
*Produktion, Ökologie und Wirtschaftlichkeit ausgewählter Kornfrüchte*; In: Agrarwirtschaft 41(1992)6
- Gardner, D.N. (1986)  
*Nitrogen limitation on dairy farms*; Farm Management Services;
- Glass, J.C. & D.G. MacKillop (1990)  
*Production interrelationships and productivity measurement in Irish agriculture*; European Review of Agricultural Economics (17): 271-287
- Goossensen, F.R. en P.C. Meeuwissen (red.) (1990)  
*Advies van de Commissie Stikstof*; Wageningen, DLO
- Gotsch, N. & U. Bernegger (1990)  
*Future biological-technological progress in crop production and its impacts in arable farming*; Paper presented at the VIth EAAE congress; The Hague
- Groot, J.J.R. en E.L.J. Verberne (1990)  
*Lange-termijneffecten van verlaagde stikstofbemesting op bodemvruchtbaarheid en gewasopbrengst*; In: meststof 1/2

- Haan, T. de (1991)  
*Het ontwikkelen van bedrijfsspecifieke vergelijkingsmaatstaven voor de analyse van het bedrijfsresultaat op melkveebedrijven*; Den Haag, Lei; Onderzoekverslag 80
- Haan, T. de en D.W. de Hoop (1991)  
*Senario's voor voer- en kunstmestverbruik in de melkveehouderij in het jaar 2000*; Den Haag, LEI; Publikatie 3.148
- Haen, H. de & Y. Zimmer (1990)  
*Umweltverträglichkeit technischer fortschritte in der Landwirtschaft; institutionelle Voraussetzungen, Wirtschaftlichkeit, Verbreitung*; In: Technischer Fortschritt in der Landwirtschaft; Tendenzen, Auswirkungen, Beeinflussung; Munster-Hiltrup; Landwirtschaftsverlag; Schriften der GWSL; Band 26
- Haenen, J.A.H. (1987)  
*De teelt van wintertarwe*; Lelystad, PAGV
- Hayami, Y. & V.W. Ruttan (1985)  
*Agricultural development: an international perspective*; Baltimore
- Henneberry, S.R. et al. (1991)  
*An Analysis of U.S. Aggregate Output Response by Farm Size*; Agricultural Economics, 5: 1-19
- Hijink, J.W.F. en A.B. Meijer (1987)  
*Het koemodel*; Lelystad, PR; Publikatie no. 50
- Hoogh, J. de (1986)  
*Het groenboek 1985 legt Brusselse illusies bloot*; Spil 47-48, p. 7-11
- Hutten, T. & H. Rutten (1990)  
*De druk der omstandigheden; technologische trajecten in de Nederlandse landbouw*
- Informatie en Kennis Centrum Veehouderij (1993)  
*Handboek voor de Rundveehouderij*; Lelystad, IKC-Veehouderij; Publikatie no. 35
- Informatie en Kennis Centrum Veehouderij (1990)  
*Boeren met quotom 1990*; Lelystad, IKC-Veehouderij; Publikatie no. 1
- Jager, J. (1993)  
*Persoonlijke mededelingen*; Den Haag, LEI-DLO

- Janssens, S.R.M. en J.G. Groenwold (1993)  
*Effect van heffingen op stikstof op de bedrijfvoering in de akkerbouw*;  
 Den Haag, LEI-DLO; Mededeling 478
- Jomini, P.A. et al. (1991)  
*Modelling stochastic crop to fertilisation when carry-over matters*; Ag-  
 ricultural Economics, (6): 97-113
- Jong, A. de (1990)  
*De graanteelt in de jaren dertig*; Spil 87-88, p. 27-30
- Jonge, P. de (red.) (1988)  
*Themadag Geïntegreerde bedrijfssystemen*; Lelystad, PAGV, 17 novem-  
 ber; themaboekje no. 8
- Jorgenson, D.W. & Z. Griliches (1972)  
*The measurement of productivity*; Washington, The Brookings Institute
- Kavelaars, J.P.I.M. en K.J. Poppe (1993)  
*Het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouw in  
 1989/90 en 1990/91*; Den Haag, LEI-DLO; Onderzoekverslag 111
- Koning, G.H.K. de, H. Janssens & H. van Keulen (1992)  
*Input en output coefficients of various cropping livestock systems in  
 the European Communities*; Den Haag, WRR
- Kuroda, Y. (1987)  
*The production structure and demand for labor in postwar Japanese  
 agriculture*; American Journal of Agricultural Economics; May; p. 330-  
 337
- Landbouwcijfers; verschillende jaargangen; Den Haag, LEI-DLO/CBS
- Larson, B.A. & H. Vroomen (1991)  
*Nitrogen, Phosphorus and land demands at the US regional level: a  
 primal approach*; Journal of Agricultural Economics 42(3): 354-364
- LEI (1992)  
*De Europese landbouw en het plan - Mac Sharry*; Den Haag, LEI-DLO;  
 Publikatie 1.23
- Meer, H.G. van der en J.H.J. Spiertz (1992)  
*Stikstofstromen in agro-ecosystemen*; Wageningen, CABO; Agrobiolo-  
 gische Thema's 6

- Michalek, J. (1990)  
*Methoden der Messung des technischen Fortschritts in der Landwirtschaft*; In: Technischer Fortschritt in der Landwirtschaft; Tendenzen, Auswirkungen, Beeinflussung; Munster-Hiltrup; Landwirtschaftsverlag; Schriften der GWSL; Band 26
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij (1989)  
*Structuurnota Landbouw*; Den Haag, Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990; 21-148 no.2-3
- Morrison, J., M.V. Jackson & P.E. Sparrow (1980)  
*The response of perennial ryegrass to fertilizer nitrogen in relation to climate and soil*; Berkshire, The Grassland Research Institute; G.R.I. Technical Report no. 27
- Nelson, R.R. & S.G. Winter (1977)  
*In search of useful theory of innovation*; Research Policy 6 (2): 36-76
- Nijland, G. (1994)  
*Paradigmastrijd of aggregatieprobleem? Over verscheidenheid in produktiefuncties*; Spil 119-120: 44-50
- Onianwa, O., R. Alderfer & R. Levins (1992)  
*Taxation as a means of reducing nitrogen fertilizer use in Minnesota corn production*; Department of Agriculture and applied economics, University of Minnesota; Staff Paper p. 92-15
- Os, J. van, T. de Haan en W.H.M. Baltussen (1993)  
*Effect van heffingen op stikstof op de bedrijfsvoering in de melkveehouderij*; Den Haag, LEI; Mededeling 476
- Oskam, A.J. et al. (1992)  
*Pesticide use and pesticide policy in The Netherlands*; Wageningen; WES 26
- Overman, A.R., A. Dagan, F.G. Martin & S.R. Wilkinson (1991)  
*A Nitrogen-Phosphorus-Potassium model for forage yield of bermudegrass*; In: Agronomy Journal 83: 254-258
- PAGV  
*Proefbedrijf OBS*; verslagen van de jaren 1980-1989; Lelystad, PAGV; verschillende jaargangen
- Pannell (1991)  
*Pests and pesticides, risk an risk aversion*; Agricultural Economics 5, p. 361-383

- Paris, Q. (1992)  
*The von Liebig hypothesis*; Journal of Agricultural Economics, 74: 1019-1028
- Rabbinge, R. (1987)  
*Verleden, heden en toekomst*; In: Landbouwkundig Tijdschrift 99, no. 1, p. 19-21
- Rutten (1989)  
*Technical change in agriculture; a review of economic literature, with special reference to the role of prices*
- Rutten (1992)  
*Productivity growth of Dutch Agriculture, 1949-1989*; Den Haag, LEI-DLO; Mededeling 470
- Rutten en Hutten (1992)  
*De druk der omstandigheden; technologische trajecten*; In: Agrarisch bestaan; Assen, Van Gorcum
- Schijf, T. (1988)  
*Gevolgen van een heffing op stikstofkunstmest voor intensiteit, bouwplan en saldo van landbouwbedrijven*; Samenvatting van een Duits modelonderzoek; Utrecht, CLM
- Schröder, J.J. et al. (1993)  
*Nutriëntenbenutting en -verlies bij akkerbouwgewassen: evaluatie van praktijkgegevens van innovatiebedrijven in 1990 en 1991*; Lelystad; verslag 187
- Schmookler, J. (1966)  
*Invention and economic growth*; Cambridge
- Schulte, J. (1983)  
*Der Einfluss eines begrenzten Handelsdünger und Pflanzenbehandlungsmitteln*; Satzes auf Betriebsorganisation und Einkommen verschiedener Betriebssysteme; Bonn, Dissertation
- Spiertz, J.H.J. (1988)  
*Wisselwerking tussen onderzoek en praktijk brengt graanteelt vooruit*; In: Meststoffen 2-1988, p. 7-13
- Spiertz, J.H.J. en J. Ellen (1979)  
*Effecten van weersfactoren en stikstofvoeding op de korrelopbrengst en het eiwitgehalte van tarwe*; In: Stikstof 8 (1979)92: 245-251

- Sturm, H. & F.A. Becker (1988)  
*Wechselwirkungen zwischen Stiksoffdüning und Pflanzenschulz im Getreidebau*; In: Meststoffen 2
- Terwan, P. en A. Wesselo (1990)  
*Produktiebeheersing in de landbouw: nieuwe kansen voor milieu en natuur*; Utrecht, CLM, april
- Thijssen, G.J. (1992)  
*Micro-economic models of Dutch dairy farms*; Wageningen; Proefschrift
- United Nations (1989)  
*Technical and economic factors influencing the productivity of grain crops and the stability of grain yields*; Geneva, Economic Commission for Europe, United Nations, New York
- Veer, J. de (1986)  
*National agricultural policies, surplus problems and international instability*; TSL 1(1), p. 4-21
- Vredepeel (1987)  
*Van onderzoek naar voorlichting 1987*; Onderzoeksresultaten van de Proefboerderij Vredepeel
- Weber, A. & H. Ehlers (1987)  
*Langfristige Entwicklung der getreideerträge in der Welt*; Agrarwirtschaft 37 (11), p. 338-344
- Wijnands, F.G. et al. (1992a)  
*Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw*; Opzet en eerste resultaten; Lelystad, PAGV, oktober; verslag no. 144
- Wijnands, F.G. et al. (1992b)  
*Ontwikkeling van geïntegreerde bedrijfssystemen*; In: Themadag Bedrijfssystemen voor een akkerbouw met toekomst; Lelystad, PAGV, 16 december; themaboekje no. 14
- Wit, C.T. de (1992)  
*Resource use efficiency in agriculture*; In: Agricultural Systems 40: 125-151
- Wit, C.T. de, H. Huisman & R. Rabbinge (1987)  
*Agriculture and its environment: are there other ways?*; Agricultural Systems 23, p. 211-236



Wossink, A. (1993)

*Analysis of future agricultural change; a farm economics approach applied to Dutch arable farming; Wageningen, thesis*

Zeddies, J., C. Fuchs, J. Hufnagel & J. Walther (1994)

*Qualitätsweizenproduktion nach der EG-Agrarreform; Berichte über Landwirtschaft 72: 1-35*

## **BIJLAGEN**

## Bijlage 1 Prijsindexcijfers 1980-1990

Tabel B1.1 geeft prijsindexcijfers voor pesticiden, meststoffen, zaaizaad en voor de gezinsconsumptie.

*Tabel B1.1 Prijsindexcijfers van 1980 tot en met 1990 (1980 = 100)*

Prijsindexcijfer				
jaar	pesticiden	meststoffen	zaaizaad	gezinsconsumptie
1980	100	100	100	100
1981	105	112	106	107
1982	114	125	109	113
1983	117	101	110	116
1984	121	103	112	120
1985	125	114	114	123
1986	126	111	108	123
1987	125	83	117	122
1988	120	87	123	123
1989	116	82	115	124
1990	119	84	116	127

Bronnen: pesticiden: Oskam et al. (1992);  
meststoffen: LEI-Boekhoudnet;  
zaaizaad en gezinsconsumptie: Landbouwcijfers,  
verschillende jaargangen.

## Bijlage 2 Econometrische benadering graanteelt

In aanvulling op de optimaliseringsmethode (paragraaf 3.3.4) is nog een econometrische schatting verricht om het verband tussen de prijzen en de input van stikstof en pesticidenkosten weer te geven. De econometrische benadering gaat, evenals de optimaliseringsbenadering, ook uit van een winst- of saldomaximalisatie door producenten, maar probeert directer aan te sluiten bij het daadwerkelijk in het verleden waargenomen gedrag van producenten. Voor een verdere onderbouwing zie hoofdstuk 2.

De stikstofgift per hectare wordt geschat uit de prijs van stikstof (gemiddelde stikstofprijs per bedrijf), de prijs van wintertarwe en de prijs van pesticiden (is het prijsindexcijfer van pesticiden). Verondersteld wordt dat de prijs van stikstof een negatieve invloed heeft op de stikstofgift per hectare en de wintertarweprijs een positieve invloed. Jaarinvloeden en de technische ontwikkeling worden ondervangen door een dummy per jaar. De inzet van pesticiden per hectare wordt eveneens geschat uit de prijzen van stikstof, wintertarwe en pesticiden.

Omdat er in de schattingsperiode een sterke positieve correlatie tussen de prijs van stikstof en wintertarwe bestaat, is een schatting gedaan waarbij de verhouding tussen de stikstofprijs en de wintertarweprijs en tussen de pesticidenprijs en de wintertarweprijs als verklarende variabelen genomen worden, naast de jaardummies. De schattingen zijn gewogen, wat betekent dat de resultaten representatief zijn voor alle bedrijven in het hele gebied.

De resultaten van de schattingen worden hier weergegeven voor het Zuidwestelijk kleigebied. Een vergelijking wordt gemaakt met het Noordelijk kleigebied. De schatting van het Zuidwestelijk kleigebied ziet er als volgt uit:

$$\begin{array}{rccccccc}
 N = & 152 & -55,8.(Pn/Pg) & +86,6.(Pp/Pg) & -31.d82 & +8.d83 & +14.d84 & +12.d85 \\
 & (4,6) & (-5,3) & (5,3) & (-3,0) & (0,8) & (1,5) & (1,3) \\
 & -29.d86 & -24.d87 & -49.d88 & -75.d89 & -32.d90 & & (B2.1) \\
 & (-2,0) & (-1,6) & (-3,1) & (-4,1) & (-3,8) & & 
 \end{array}$$

R-kwadraat = 0,19

n = 693

periode: 1981-1990

waarin: N = de stikstofgift per hectare (kg)  
Pn = prijs van stikstof per kg (kg)  
Pg = prijs van wintertarwe per kg (kg)  
Pp = prijsindexcijfer van pesticiden  
djaar = dummy per jaar

Deze relatie heeft significante waarden voor de coëfficiënten, de coëfficiënten van de dummies zijn in een aantal gevallen niet significant van nul verschillend. De waarden van de coëfficiënten hebben het juiste teken: als de prijs van stikstof stijgt, dan daalt bij gelijk blijvende graanprijs de stikstofgift. Omgekeerd, als de prijs van wintertarwe stijgt, stijgt de stikstofgift via de verhouding "Pn/Pg" en daalt de stikstofgift via de verhouding "Pp/Pg". Een prijsstijging van pesticiden leidt tot een groter verbruik van stikstof; er vindt blijkbaar substitutie plaats. Teelt-

technisch is dit echter moeilijk te verklaren, omdat verwacht mag worden dat de effecten van stikstof en pesticiden op de opbrengst, elkaar versterken.

Dezelfde schattingen voor het Noordelijk kleigebied geven soortgelijke resultaten. De waarde van de coëfficiënt "Pn/Pg" bleek ook hier significant. De coëfficiënt "Pp/Pg" is echter niet significant van nul verschillend. De R-kwadraat is 0,27. De relatie met prijsverhoudingen geeft voor het Noordelijk kleigebied een hogere constante, een kleinere negatieve coëfficiënt voor "Pn/Pg" en een kleinere positieve coëfficiënt voor "Pp/Pg".

De eigen prijselasticiteit van stikstof is -0,89 voor het Noordelijk kleigebied en -0,86 voor het Zuidwestelijk kleigebied. Deze waarden zijn hoger dan de elasticiteiten berekend bij de optimaliseringsbenadering op gewasniveau. Dat spoort met bevindingen uit andere studies (zie paragraaf 2.5).

De inzet van pesticiden per hectare is geschat uit de prijs van stikstof, de prijs van wintertarwe en het prijsindexcijfer van pesticiden. Voor het Zuidwestelijk kleigebied ziet de relatie er als volgt uit:

$$\begin{array}{rccccccc}
 P = & 389 & -62,9(Pn/Pg) & +25,0(Pp/Pg) & -12.d82 & +33.d83 & +59.d84 & +23.d85 \\
 & (6,4) & (-3,3) & (0,8) & (-0,7) & (1,9) & (3,5) & (1,3) \\
 & +1.d86 & +9.d87 & +45.d88 & +31.d89 & +11.d90 & & (B2.1) \\
 & (0,0) & (0,3) & (1,5) & (0,9) & (0,7) & & 
 \end{array}$$

R-kwadraat = 0,07

n= 693

periode: 1981-1990

waarin: P = de pesticidenkosten per hectare (gulden van 1980)

Pn = prijs van stikstof per kg (kg)

Pg = prijs van wintertarwe per kg (kg)

Pp = prijsindexcijfer van pesticiden

djaar = dummy per jaar

De relatie met de schatting van de pesticidenkosten per hectare heeft significant van nul verschillende waarden voor de constante en de stikstofprijs (t-waarden groter dan 2). De invloed van het prijsindexcijfer van pesticiden blijkt niet significant te zijn. Dit betekent dat de gemiddelde prijs van pesticidenmiddelen geen invloed heeft op het gemiddelde verbruik van pesticiden. De coëfficiënten van de dummies zijn op één jaar na, niet significant van nul verschillend. De coëfficiënt van de prijs van stikstof heeft niet het verwachte teken. Als de prijs van stikstof stijgt (en het verbruik van stikstof daalt) dan daalt de inzet van pesticiden. Hieruit blijkt dat er sprake kan zijn van een interactie tussen de inzet van stikstof en de inzet van pesticiden.

Voor het Noordelijk kleigebied geldt een vergelijkbare relatie als voor het Zuidwestelijk kleigebied; de constante en de coëfficiënt voor "Pn/Pg" zijn significant van nul verschillend en hebben hetzelfde teken. De coëfficiënt voor het prijsindexcijfer voor pesticiden is negatief, in tegenstelling tot het Zuidwestelijk kleigebied, maar niet significant van nul verschillend. Ook uit deze relatie blijkt dat geen betrouwbare uitspraken gedaan kunnen worden over het verband tussen de inzet van pesticiden en de prijs ervan.

## Bijlage 3 Optimaliseringsbenadering graanteelt Noordelijk kleigebied

### B3.1 Inleiding

Op dezelfde wijze als voor het Zuidwestelijk kleigebied is gedaan, wordt voor het Noordelijk kleigebied een relatie geschat waarbij het opbrengstniveau wordt verklaard uit de totale variabele inputs en uit de afzonderlijke inputs stikstofgift en kosten van gewasbeschermingsmiddelen.

### B3.2 Data

Deze paragraaf geeft een overzicht van de data van het Noordelijk kleigebied uit het LEI-Boekhoudnet. Het totaal aantal waarnemingen uit de periode 1981-1990 bedraagt 508 bedrijven. Een bedrijf met een extreem lage kg-opbrengst per hectare en een ontbrekende waarde voor de stikstofgift is buiten beschouwing gelaten. Bovendien zijn de bedrijven die niet als meest voorkomende grondsoort zeeklei hebben, buiten beschouwing gelaten (21 bedrijven). De totale dataset bevat uiteindelijk 486 bedrijven.

*Tabel B3.1 Kengetallen wintertarweteelt in het Noordelijk kleigebied in de periode 1981 tot en met 1990*

Jaar	Gemiddeld ha winter-tarwe	Opbrengst (kg/ha)	N-gift (kg/ha)	Pesticiden-verbruik (gld/ha)	Variabele inputs (gld/ha)	Gem. N-gift per bedrijf (kg/ha)
1981	18,3	6.857	157	259	789	178
1982	18,7	7.764	153	259	840	165
1983	22,5	7.131	158	339	909	175
1984	26,4	7.165	176	338	981	181
1985	26,3	5.859	175	355	1.040	172
1986	27,6	7.973	196	346	1.063	178
1987	24,8	6.789	198	367	951	169
1988	26,2	6.711	191	318	881	164
1989	27,9	7.742	187	343	867	167
1990	27,3	7.525	180	360	866	164
1981/ 1990	24,4	7.145	176	327	916	172

Bron: LEI-Boekhoudnet.

In vergelijking met het Zuidwestelijk kleigebied is in het Noordelijk kleigebied het areaal wintertarwe per bedrijf groter, de opbrengst per hectare, de N-gift per hectare (zowel gemiddelde per bedrijf per hectare als per hectare wintertarwe),

de pesticidenkosten per hectare en de totale variabele inputkosten per hectare lager. De kg-opbrengsten en de prijzen van wintertarwe zijn omgerekend naar een standaard vochtgehalte en dus vergelijkbaar.

Tabel B3.2 Verbruik van pesticiden in wintertarwe in het Noordelijk kleigebied in 1990

Middelen-groep	Kg werkzame stof per ha (variatie)		Kosten (gld/ha)	Gemiddelde prijs (gld/kg)
Fungiciden	2,4	(0-5,2)	167,20	69,14
Insecticiden	0,3	(0-1,8)	24,63	73,33
Groeiregulatoren	0,6	(0-1,5)	10,23	16,05
Herbiciden	3,4	(0-6,0)	161,00	47,10

Bron: LEI-Boekhoudnet.

Vergeleken met de graantelende akkerbouwbedrijven in het Zuidwestelijk kleigebied worden in het Noordelijk kleigebied veel minder fungiciden verbruikt. Ook het verbruik van groeiregulatoren en herbiciden is lager. Verklaringen hiervoor kunnen zijn de invloed van het bouwplan, de ziektedruk, de rassenkeuze en ondernemersstijl.

Hogere prijzen zorgen desalniettemin voor een kostenpost die slechts zo'n 15 gulden lager is dan in het Zuidwestelijk kleigebied.

Tabel B3.3 Prijzen van wintertarwe (gld/kg) en stikstof (gld/kg) van Noordelijk kleigebied

	Wintertarwe (gld/kg)	Stikstof (gld/kg)
1981	0,54	1,59
1982	0,55	1,76
1983	0,57	1,40
1984	0,52	1,45
1985	0,51	1,59
1986	0,50	1,54
1987	0,45	1,16
1988	0,45	1,19
1989	0,41	1,13
1990	0,41	1,18
1981/ 1990	0,49	1,39

Bron: LEI-Boekhoudnet.

De prijzen van wintertarwe zijn in het Noordelijk kleigebied iets hoger dan in het Zuidwestelijk kleigebied. Dat hangt waarschijnlijk samen met het feit dat in het noorden meer graan op het eigen bedrijf bewaard wordt.

### B3.3 Enkelvoudige produktiefunctie

De methode zoals beschreven in paragraaf 3.3.4 wordt ook toegepast voor het Noordelijk kleigebied. De relatie tussen kg-opbrengst per hectare van winter-tarwe en de totale variable inputkosten (gecorrigeerd voor inflatie) wordt bekeken. De relatie ziet er als volgt uit:

$$\begin{array}{cccccc}
 Y = & 2632 & + 8,13.TI & - 0,00305.TI^2 & + 936.d82 & - 243.d83 & - 332.d84 \\
 & (2,89) & (3,60) & (-2,25) & (5,91) & (-1,50) & (-1,94) \\
 & -1630.d85 & + 476.d86 & - 640.d87 & - 411.d88 & + 177.d89 & + 311.d90 & (B3.1) \\
 & (-9,40) & (2,64) & (-3,54) & (-2,31) & (1,01) & (1,86)
 \end{array}$$

$$R^2 = 0,41$$

$$n = 486$$

periode: 1981-1990

waarin: Y = opbrengst winter-tarwe per hectare (kg)

TI = totale inputkosten per hectare (meststoffen, zaaizaad en pesticiden) gecorrigeerd voor prijsstijgingen (guldens)

djaar = dummy voor betreffende jaar

Deze enkelvoudige relatie heeft significant van nul verschillende coëfficiënten voor de totale inputkosten. In vergelijking met de produktiefunctie van het Zuidwestelijk kleigebied heeft bovenstaande functie een lagere constante, een hogere coëfficiënt voor TI (steilere lijn) en een lagere coëfficiënt voor de kwadratische term van TI (minder strenge afbuiging van de lijn). Voor de produktie van winter-tarwe betekent dit dat zonder inputs een lagere opbrengst gerealiseerd wordt. De reactie van de inputs op de opbrengst is sterker dan in het Zuidwestelijk kleigebied.

Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat door een gemiddeld lager verbruik van organische mest de bodemvoorraad minder is en de reactie op de N-gift groter is.

De optimale variabele inputkosten per jaar worden berekend met behulp van de formule: Marginale opbrengsten = Marginale kosten

$$Pg. (8,13 - 2 \cdot 0,00305 \cdot TI) = MK \quad (B3.2)$$

waarin: Pg = de prijs van winter-tarwe in het betreffende jaar (guldens)

TI = de optimale inputkosten (guldens)

MK = marginale kosten (guldens)



Tabel B3.4 laat de werkelijke en berekende optimale inzet van variabele inputkosten per jaar zien.

*Tabel B3.4 Werkelijke en berekende optimale inputkosten van winter tarwe in het Noordelijk kleigebied per jaar*

	Werkelijk (gld/ha)	Optimaal (gld/ha)	Vershil (werk.-opt.)
1981	789	1.005	- 216
1982	840	981	- 141
1983	909	1.019	- 110
1984	981	983	- 2
1985	1.040	953	87
1986	1.063	956	107
1987	951	943	8
1988	881	939	- 58
1989	867	921	- 54
1990	866	913	- 47
1981\1990	916	965	- 49

Bron: LEI-Boekhoudnet en eigen berekeningen.

Gemiddeld over 10 jaar liggen de werkelijke en optimale inputkosten niet ver uit elkaar: de optimale inzet is zo'n 50 gulden hoger dan het werkelijke niveau. In tegenstelling tot het Zuidwestelijk kleigebied is in het Noordelijk kleigebied het werkelijke inputniveau gemiddeld lager dan het optimale inputniveau. Een verklaring voor het hogere berekende optimale stikstofniveau is dat in het model geen rekening gehouden wordt met de toedieningskosten van extra inputs.

Het verloop van de produktiefunctie van het Noordelijk kleigebied (steiler en flauwere kromming) ten opzichte van die van het Zuidwestelijk kleigebied geeft een hogere optimale inzet van inputs. De R-kwadraat is voor beide regio's ongeveer 0,4. De niet-verklaarde variatie in de opbrengst is te verklaren uit andere factoren dan variabele inputkosten. Deze kunnen per regio verschillend zijn.

De maximale opbrengst volgens deze produktiefunctie is 7.914 kg winter tarwe bij variabele inputkosten van 1.333 gulden per hectare. (Vgl. Zuidwestelijk kleigebied: 8.148 kg winter tarwe, 1.173 gulden variabele inputkosten.)

### B3.4 Meervoudige produktiefunctie

De methode zoals beschreven in paragraaf 3.3.4 wordt ook toegepast voor het Noordelijk kleigebied. De relatie tussen kg-opbrengst per hectare van winter tarwe enerzijds en de inzet van stikstof en pesticiden (gecorrigeerd voor prijsstijgingen) anderzijds wordt bekeken. De relatie ziet er als volgt uit:

$$\begin{aligned}
 Y = & \quad 3628 \quad +24,21.N \quad -0,0454.N^2 \quad +3,28.P \quad -0,00209.P^2 \quad +951.d82 \\
 & (7,48) \quad (3,91) \quad (-2,51) \quad (2,44) \quad (-0,95) \quad (6,36) \\
 & -24.d83 \quad -101.d84 \quad -1380.d85 \quad +687.d86 \quad -565.d87 \quad -536.d88 \\
 & (-0,16) \quad (-0,64) \quad (-8,74) \quad (4,14) \quad (-3,34) \quad (-3,18) \\
 & +278.d89 \quad +299.d90 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad (B3.3) \\
 & (1,71) \quad (1,91)
 \end{aligned}$$

R-kwadraat = 0,48  
n = 486  
periode: 1981-1990

waarin: Y = opbrengst wintertarwe per hectare (kg)  
N = stikstofgift per hectare (kg)  
P = pesticidenkosten per hectare (guldens (van 1980))  
djaar = dummy voor betreffende jaar

De coëfficiënt van de kwadratische term van de pesticidenkosten is niet significant van nul verschillend. De correlatie tussen stikstofgift en pesticidenkosten is 0,41 en is niet hoog te noemen. Een relatie waarbij een interactie-coëfficiënt (N\*P) is toegevoegd aan relatie genoemd in B3.3 levert een minder goede schatting op. De t-waarden van de coëfficiënten dalen naar een niveau lager dan twee. Uitsluiting van de kwadratische term van pesticidenkosten levert de volgende relatie op:

$$\begin{aligned}
 Y = & \quad 3630 \quad +25,81.N \quad -0,0496.N^2 \quad +2,06.P \quad +948.d82 \\
 & (7,49) \quad (4,33) \quad (-2,82) \quad (5,05) \quad (6,34) \\
 & -34.d83 \quad -93.d84 \quad -1370.d85 \quad +704.d86 \quad -546.d87 \quad -522.d88 \\
 & (-0,22) \quad (-0,60) \quad (-8,70) \quad (4,28) \quad (-3,25) \quad (-3,11) \\
 & +286.d89 \quad +314.d90 \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad (B3.4) \\
 & (1,76) \quad (2,02)
 \end{aligned}$$

R-kwadraat = 0,48  
n = 486  
periode: 1981-1990

waarin: Y = opbrengst wintertarwe per hectare (kg)  
N = stikstofgift per hectare (kg)  
P = pesticidenkosten per hectare (guldens (van 1980))  
djaar = dummy voor betreffende jaar

In deze vergelijking worden afnemende meeropbrengsten voor stikstof verondersteld en een lineair verband tussen de pesticidenkosten en de kg-opbrengst.

Voor elke gulden aan inzet van pesticidenmiddelen stijgt de opbrengst per hectare met 2 kg graan (à 49 ct per kg). De marginale kosten van de inzet van pesticiden en marginale opbrengsten (2 kg graan) zijn aan elkaar gelijk.

De optimale inzet van de inputs is berekend met behulp van de relatie waarin zowel afnemende meeropbrengsten voor stikstof als voor pesticiden (hoewel niet significant!) verondersteld wordt. De optimale stikstofgift wordt berekend met de relatie:  $MO = MK$ .

*Tabel B3.5 Berekende optimale en werkelijke inzet van inputs van winter tarwe in het Noordelijk kleigebied per jaar*

Jaar	Stikstof (kg/ha)			Pesticiden (gld/ha)		
	werkelijk	optimaal	verschil	werkelijk	optimaal	verschil
1981	157	231	- 74	259	275	- 16
1982	153	228	- 75	259	245	14
1983	158	237	- 79	339	252	87
1984	176	232	- 56	338	182	156
1985	175	229	- 54	355	151	204
1986	196	229	- 33	346	134	212
1987	198	235	- 37	367	67	300
1988	191	234	- 43	318	94	224
1989	187	232	- 45	343	49	294
1990	180	231	- 51	360	32	328
1981\1990	176	232	- 56	327	199	128

Bron: LEI-Boekhoudnet en eigen berekeningen.

Uit tabel B3.5 blijkt dat de werkelijke stikstofgift eerst toeneemt en vervolgens afneemt. De berekende optimale gift is constant. De prijs van stikstof en de prijs van graan hebben ongeveer dezelfde ontwikkeling in deze periode van 10 jaar. De werkelijke pesticidenkosten zijn wisselend per jaar en vertonen een iets stijgend verloop. De berekende optimale inzet van pesticiden daalt gedurende de periode als gevolg van lagere graanprijzen. De ontwikkeling van de prijzen van pesticiden speelt ook een rol in de optimale inzet van pesticiden. Het verschil tussen werkelijke en optimale inzet wordt steeds groter. Omdat de coëfficiënten die de relatie tussen pesticiden en gewasopbrengst weergeven niet significant van nul verschillen, zijn de gegevens over de optimale pesticideninput in tabel B3.5 eigenlijk onbruikbaar.

De eigen prijselasticiteit van stikstof is in het traject 175 tot 230 kg per hectare: -0,49 tot -0,17. Deze elasticiteit verschilt niet sterk van die in het Zuidwestelijk kleigebied. De kruislingse prijselasticiteit van de winter tarweprijs en de stikstofgift is 0,24 (vergelijk Zuidwestelijk kleigebied 0,41).

### B3.5 Veranderende prijsverhoudingen

De berekeningen voor dit gebied zijn analoog aan de berekeningen voor het Zuidwestelijk kleigebied. De uitgangspunten voor de scenario's zijn hetzelfde. De prijs voor wintertarwe 1992/93 is een prognose van LEI-DLO (Jager, 1993). Zie tabel 6 voor het resultaat.

Tabel B3.6 Verbruik en prijzen van inputs en de produktie en prijs van wintertarwe onder veranderende prijsverhoudingen in het Noordelijk kleigebied

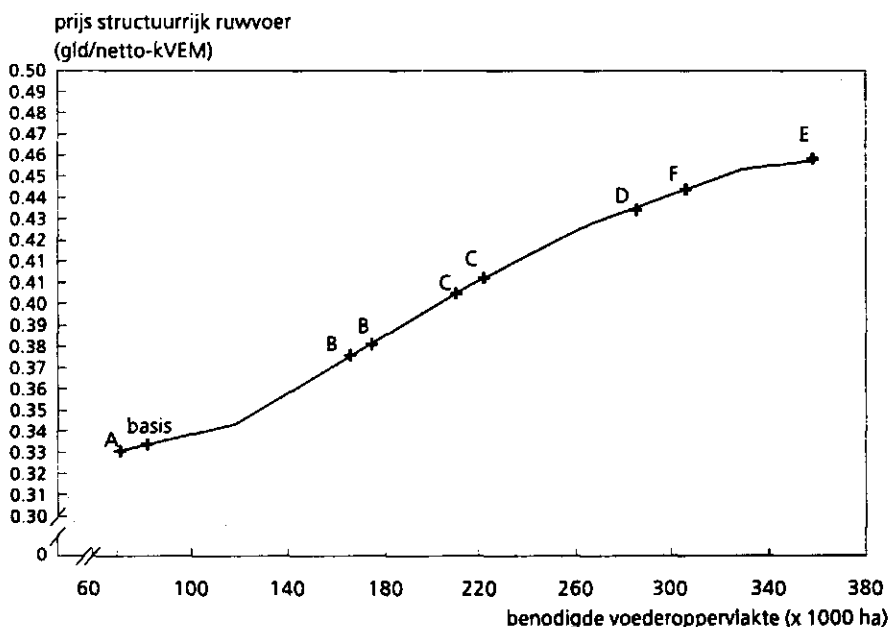
Scenario	Prijs (gld/kg)		Verbruik inputs		Produktie wintertarwe (kg/ha)
	wintertarwe	stikstof	stikstof (kg/ha)	pesticiden (gld/ha)	
Basis (1981-1990)	0,49	1,39	231	199	7.329
Scenario 1	0,41	1,18	231	32	7.200
Scenario 2	0,27	1,18	212	0	7.038
Scenario 3	0,41	2,36	199	32	7.050
Scenario 4	0,27	2,36	164	0	6.676

Bron: Eigen berekeningen.

Een daling van de wintertarweprijs met 34% (tot een niveau van 27 cent/kg) heeft een lagere stikstofinput van 8% tot gevolg. Een verdubbeling van de stikstofprijs geeft een vermindering van de stikstofgift van 14%. (vergelijk Zuidwestelijk kleigebied 11%, resp. 22%) De kwadratische term van de pesticidenkosten is niet significant van nul verschillend. Het is niet verantwoord om op basis van deze relatie uitspraken te doen over pesticideninput, de invloed van prijsveranderingen en de produktie op basis van optimale inputs. Aan de op één na laatste kolom kunnen daarom geen conclusies ontleend worden.

## Bijlage 4 Het schatten van de ruwvoerprijs

In de studie Scenario's voor voer- en kunstmestverbruik in de melkveehouderij (De Haan en De Hoop, 1990) is de theorie geopperd dat de ruwvoerprijs afhankelijk is van de gevraagde hoeveelheid ruwvoer die van buiten de melkveehouderij aangekocht moet worden. Hierbij is er zowel een drempel als een plafond aanwezig. De hoogte van de drempel en de hoogte van het plafond zullen voornamelijk afhangen van de prijzen die akkerbouwers voor traditionele akkerbouwproducten ontvangen. Naarmate de ruwvoerprijs het plafond nadert zal het voor akkerbouwers steeds aantrekkelijker worden ruwvoer voor de melkveehouderij te verbouwen. Het aanbod zal daardoor stijgen waardoor de prijs minder stijgt. Omgekeerd geeft de drempel de waarde aan waarbij de teelt van ruwvoer niet meer loont en het aanbod afzwakt. Figuur B.4.1 geeft de relatie weer zoals in de bovengenoemde studie is geformuleerd.



Figuur B.4.1 De geschatte ruwvoerprijs bij een variërende voor de melkveehouderij benodigde voederoppervlakte buiten deze sector

Bron: De Haan en De Hoop (1991).

In een poging bovengenoemde theoretische relatie uit de empirie te schatten is gebruik gemaakt van de logistische functie omdat deze het theoretisch verloop het best benadert. De functie ziet er als volgt uit:

$$f(x) = A / (1 + e^{-c(x-d)})$$

Naast de hoeveelheid verbruikt ruwvoer per hectare voederoppervlak (rv) is ook de krachtvoerprijs van invloed op de ruwvoerprijs, echter met een vertraagd effect.

De krachtvoerprijs (kvpr) is daarom als volgt opgenomen:

$$0,66 * \text{krachtvoerprijs (jaar-1)} + 0,33 * \text{krachtvoerprijs (jaar-2)}$$

De geschatte regressievergelijking heeft een  $R_{adj}^2$  van 0,83 en ziet er als volgt uit:

$$rvpr = 0,122 + 0,421 * kvpr + 0,0691 / (1 + e^{-0,00829 * (rv-1139)})$$

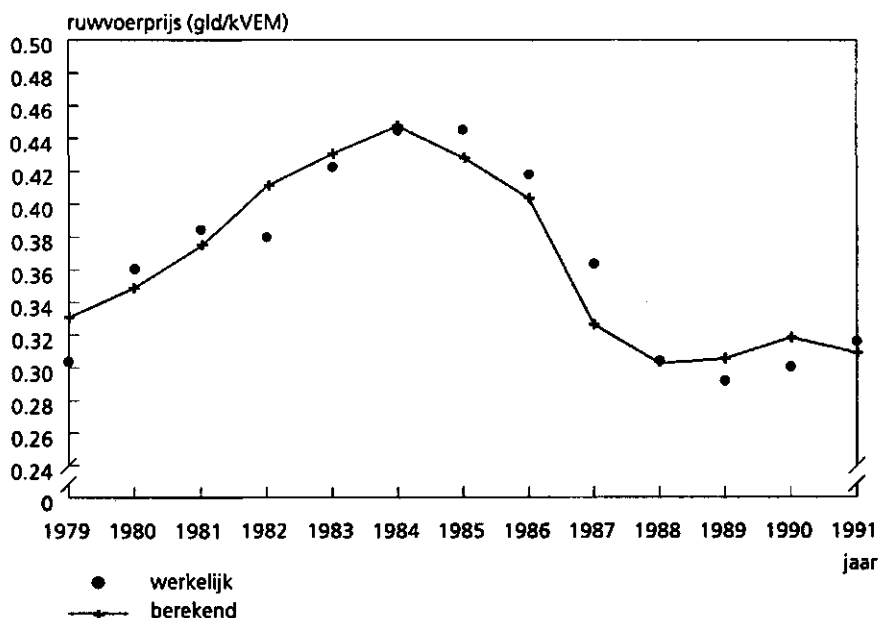
Waarin:

rvpr = ruwvoerprijs in guldens per netto-kVEM

kvpr = krachtvoerprijs in guldens per netto-kVEM (berekend zoals hierboven beschreven)

rv = verbruikte hoeveelheid ruwvoer van buiten de melkveehouderij in netto-kVEM per hectare voederoppervlakte. Dit is de hoeveelheid aangekocht ruwvoer, gecorrigeerd voor voorraadveranderingen en verliezen. Dit getal geeft de vraag naar ruwvoer van buiten de melkveehouderij weer.

Figuur B.4.2 geeft een overzicht van de ruwvoerprijs met de bijbehorende berekende ruwvoerprijs.

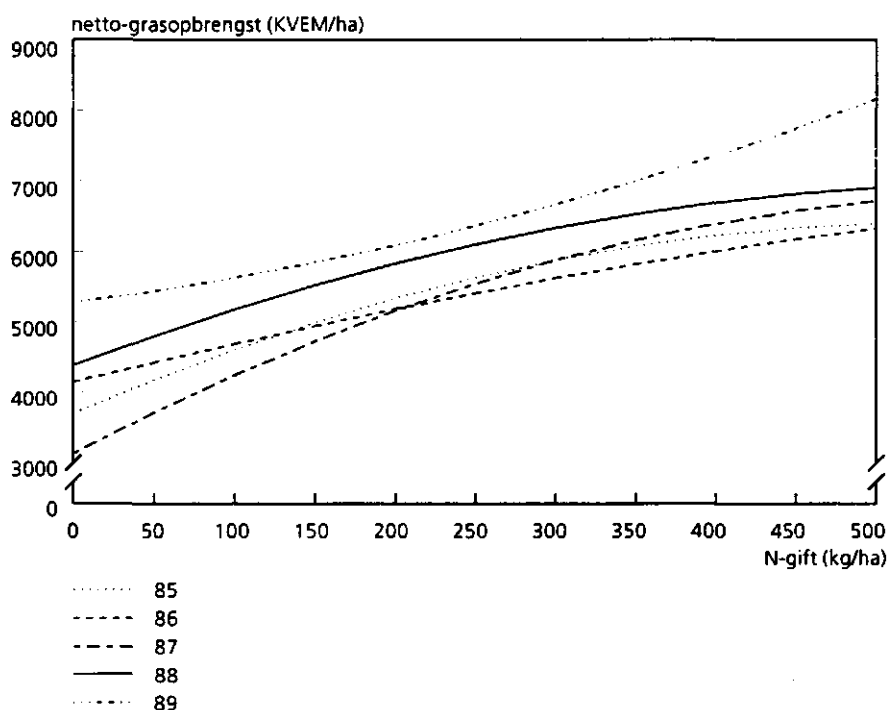


Figuur B.4.2 De werkelijke en de berekende ruwvoerprijs in een aantal jaren

Gezien de vrij nauwkeurige schatting van de ruwvoerprijs in het verleden kan de vergelijking ook dienst doen voor schattingen in de toekomst.

## Bijlage 5 Jaarspecifieke relaties tussen N-gift en graslandopbrengst

Voor de relatie tussen de N-gift en de graslandopbrengst is in dit onderzoek gebruik gemaakt van één basisproductiefunctie die gebaseerd is op gegevens van 5 boekjaren. Vervolgens is deze functie verhoogd met een veronderstelde produktiviteitsstijging tot een basisproductiefunctie voor 2000. Afhankelijk van het verschil tussen gerealiseerde voeraankopen in 1988/89 en een maatstaf hiervoor is voor ieder bedrijf een bedrijfsspecifieke produktiefunctie voor 2000 berekend. Omdat het gemiddelde van 5 boekjaren wordt gehanteerd komt het verschil tussen de jaren niet tot uiting. De relatie tussen de N-gift en de graslandopbrengst zal variëren tussen de jaren, omdat de andere factoren die de graslandopbrengst mede bepalen, variëren tussen de jaren. Figuur B.5.1 toont de relatie tussen N-gift en graslandopbrengst in de 5 jaren die in dit onderzoek in beschouwing zijn genomen. Opmerkelijk is het verloop van de lijn voor 1989/90, die niet met het principe van afnemende meeropbrengsten overeenkomt. In 1989/90 waren de weersomstandigheden voor gronden met een voldoende vochtlevering uitstekend (zowel hoeveelheid als kwaliteit). Op droogtegevoelige gronden kan de productie in dat jaar achter gebleven zijn.



Figuur B 5.1 De graslandopbrengst bij variërende N-gift in 5 opeenvolgende jaren